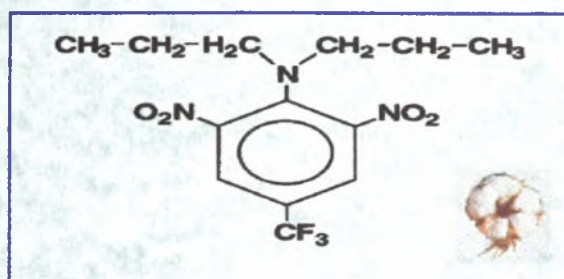


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Έκπλυση, επιφανειακή απορροή και ημιζωή του
ζιζανιοκτόνου trifluralin στο έδαφος



Στάθη Ευαγγελή

Πτυχιική διατριβή που υποβλήθηκε στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική υποχρέωση για τη λήψη του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Σπουδών

Βόλος 2000

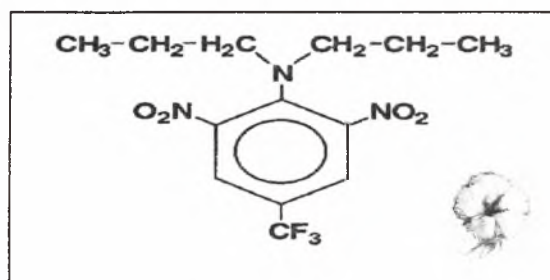


**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.:	4981/1
Ημερ. Εισ.:	05-10-2006
Δωρεά:	Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός:	Δ
	632.95
	ΣΤΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Έκπλυση, επιφανειακή απορροή και ημιζωή του
ζιζανιοκτόνου trifluralin στο έδαφος



Στάθη Ευαγγελή

Πτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική υποχρέωση για τη λήψη του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Σπουδών

Βόλος 2000

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Έκπλυση, επιφανειακή απορροή και ημιζωή του
ζιζανιοκτόνου trifluralin στο έδαφος

Στάθη Ευαγγελή

Πτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική υποχρέωση για τη λήψη του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Σπουδών

Εγκρίθηκε

Λόλας Πέτρος



Καθηγητής

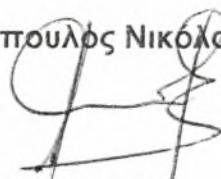
Επιβλέπων

Μήτσιος Ιωάννης



Καθηγητής

Τσιρόπουλος Νικόλαος



Επίκουρος Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το βαμβάκι είναι μία από τις κύριες μεγάλες καλλιέργειες στην Ελλάδα και η δυναμικότερη οικονομικά στη Θεσσαλία. Στη συμβατική γεωργική παραγωγή του βαμβακιού τα ζιζανιοκτόνα εξακολουθούν να θεωρούνται απαραίτητα. Από το 1965 έως και σήμερα το πλέον χρησιμοποιούμενο ζιζανιοκτόνο στη βαμβακοκαλλιέργεια είναι το trifluralin. Όμως, σχεδόν τίποτα δεν είναι γνωστό για την περιβαλλοντική συμπεριφορά αυτού του ζιζανιοκτόνου στις Ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες γενικά και ειδικότερα στην περιοχή της Θεσσαλίας.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετηθεί η μεταβολή των υπολειμμάτων του ζιζανιοκτόνου trifluralin και τοπικά, δηλαδή η έκπλυσή του σε βάθος ή επιφανειακά με απορροή και χρονικά σε έναν επίπεδο και σε έναν επικλινή αγρό (κλίση 10% περίπου), οι οποίοι καλλιεργήθηκαν με βαμβάκι, στην καλλιεργητική περίοδο 1999.

Πάρθηκαν δείγματα από το πάνω, το μέσο και το κάτω μέρος του επικλινούς (σε τρία διαφορετικά σημεία σε κάθε περίπτωση) και από τρεις διαφορετικές θέσεις του επιπέδου αγρού αμέσως πριν και μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου και στη συνέχεια στις 20, 40, 60, 90, 120 και 150 ημέρες. Τα βάθη δειγματοληψίας ήταν 0-10cm για όλες τις δειγματοληψίες και 0-10, 10-20cm για τη δειγματοληψία πριν την εφαρμογή και στις 90, 120 και 150 ημέρες. Τα εδαφοδείγματα αεροξηράνθηκαν σε σκιά και θερμοκρασία δωματίου για 1-3 ημέρες ανάλογα με την υγρασιακή κατάσταση των εδαφοδειγμάτων κάθε φορά, μετά λειοτριβήθηκαν και στη συνέχεια φυλάχτηκαν στην κατάψυξη ως την εκχύλιση και τη μέτρηση. Η μέτρηση των υπολειμμάτων έγινε σε αέριο χρωματογράφο (ανιχνευτής NPD).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο χρόνος ημιζωής του trifluralin στον επίπεδο αγρό ήταν 64 ημέρες και 77, 79, 65 ημέρες στο πάνω, στο μέσο και στο κάτω μέρος του επικλινούς αγρού, αντίστοιχα.

Γενικά, και στον επίπεδο και στον επικλινή αγρό τα υπολείμματα του trifluralin μειώθηκαν χρονικά από περίπου 0.65mg/kg (λαμβάνεται ως 100%) αμέσως μετά την εφαρμογή σε περίπου 0,10mg/kg εδάφους (16,5% της αρχικής δόσης) στις 180 μέρες μετά την εφαρμογή. Δε μετρήθηκε μετακίνηση του trifluralin σε βάθος 10-20cm εκτός από το κάτω μέρος του επικλινούς

αγρού όπου βρέθηκαν υπολείμματα 0,01 mg/kg (1,6% της αρχικής δόσης) στις 120 και 150 ημέρες από τη εφαρμογή.

Η κατανομή των υπολειμμάτων του trifluralin ήταν ομοιόμορφη στον επίπεδο αγρό. Στον επικλινή αγρό υψηλότερα υπολείμματα μετρήθηκαν στο κάτω και μέσο μέρος σε όλες τις δειγματοληψίες εκτός από τις 90 ημέρες μετά την εφαρμογή. Φαίνεται ότι σε επικλινείς αγρούς παρατηρείται εναπόθεση, δηλαδή μετακίνηση του ζιζανιοκτόνου κατά την εφαρμογή του προς τα κατώτερα μέρη, κατά την κλίση.

ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Η Στάθη Ευαγγελή

Γεννήθηκε στα Ιωάννινα του Νομού Ιωαννίνων τον Ιούνιο του 1974.

Συμπλήρωσε τον κλάδο σπουδών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στο Γυμνάσιο Ανατολής Ιωαννίνων και το Λύκειο Ανατολής Ιωαννίνων.

Πέτυχε την εισαγωγή της στο **Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωϊκής Παραγωγής**, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας , μετά από την συμμετοχή της στις **Γενικές Εξετάσεις του 1992**.

Ολοκλήρωσε με επιτυχία τις σπουδές της στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και έλαβε το πτυχίο της **τον Ιούλιο του 1997**, με τον χαρακτηρισμό «Λίαν Καλώς» και βαθμό «7, 66».

Με κριτήριο την επίδοσή της στα μαθήματα και το προσωπικό ενδιαφέρον επιλέχθηκε να εργασθεί στη διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών (Αύγουστος – Δεκέμβριος 1996) και μετά τη λήψη του πτυχίου (Φεβρουάριος - Αύγουστος 1998) στο ερευνητικό **πρόγραμμα ΕΠΕΤ II** «Αφίδες και αφιδομεταδιδόμενοι ιοί».

Μετά τη λήψη του πτυχίου εργάσθηκε επίσης στο ερευνητικό **πρόγραμμα ΠΕΝΕΔ 95** (Ιούλιος 1997- Οκτώβριος 1997) « Μεθοδολογία επιλογής για δημιουργία γενετικού υλικού καλαμποκιού με ανθεκτικότητα στις καταπονήσεις λόγω οριακών θερμοκρασιών », ως εποχιακή γεωπόνος στον οργανισμό βάμβακος (**Οκτώβριος 1997 – Φεβρουάριος 1998**), στο Δήμο Αρμενίου Λάρισας στα πλαίσια του προγράμματος «Ι. Καποδίστριας » την περίοδο **Αύγουστος 1998 και μέχρι Νοέμβριος 1999**, στη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσπρωτίας ως δόκιμη υπάλληλος (**Δεκέμβριος 1999 – Μάρτιος 2000**). Από το Μάρτιο 2000 ως και σήμερα εργάζεται στο Δήμο Αρμενίου Λάρισας ως τακτική υπάλληλος

Από το **Σεπτέμβριο του 1998** έως και σήμερα παρακολουθεί, μετά από εξετάσεις, το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και στην κατεύθυνση «Σύγχρονη Φυτοπροστασία».

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστίες εκφράζονται σε όλους όσους με οποιονδήποτε τρόπο βοήθησαν και κατέστησαν δυνατή την εργασία αυτή.

Ειδικές ευχαριστίες οφείλονται στον επιβλέποντα Καθηγητή **Πέτρο Λόλα** για την υπόδειξη του θέματος, για την καθοδήγηση και τις χρήσιμες συμβουλές στην πραγματοποίηση της εργασίας και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων καθώς και στην προετοιμασία της διατριβής. Ευχαριστίες εκφράζονται επίσης και στα άλλα μέλη της Επιτροπής Καθηγητή κ. Ι. Μήτσιο και Επικ. Καθηγητή κ. Ν. Τσιρόπουλο για την κριτική ανάγνωση της διατριβής και τις χρήσιμες υποδείξεις που είχαν ώστε να βελτιωθεί η παρουσίαση της διατριβής. Ο κ. Ν. Τσιρόπουλος βοήθησε καθοριστικά στη χρωματογραφική ανάλυση των εδαφοδειγμάτων.

Ο Β. Ράπτης υποψήφιος διδάκτορας του Τμ. Γεωπονίας του Π.Θ., βοήθησε σημαντικά στην επεξεργασία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Ο γεωπόνος Δ. Μπαξεβάνος, βοήθησε σε όλες τις δειγματοληψίες.

Ειδικές ευχαριστίες τέλος εκφράζονται στους γονείς μου για την κατανόησή τους, την προθυμία τους και τη στήριξη που επέδειξαν για τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	10
2.1. Γενικά	10
2.2. Έκπλυση	12
2.3. Ημιζωή	14
2.4. Υπολειματικότητα	16
2.5. Προβλήματα στην επόμενη καλλιέργεια	18
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	22
3.1. Τοποθεσίες και χαρακτηριστικά των πειραματικών αγρών	22
3.2. Ζιζανιοκτόνα	22
3.3. Δειγματοληψίες εδάφους	23
3.4. Αναλυτική μεθοδολογία	23
3.5. Στατιστική ανάλυση	26
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	27
4.1. Γενικά	27
4.2. Συγκεντρώσεις trifluralin στο έδαφος	29
4.3. Έκπλυση	33
4.4. Ημιζωή	34
4.5. Επιφανειακή απορροή	34
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	36
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	39
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	41

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα η οικονομία της οποίας στηρίζεται κατά ένα μεγάλο βαθμό στη γεωργία. Οι σημαντικότερες καλλιέργειες είναι το σιτάρι, το βαμβάκι, το καλαμπόκι, τα τεύτλα κ.α. Στη Θεσσαλία μια από τις δυναμικότερες καλλιέργειες είναι το βαμβάκι. Η καλλιέργειά του όπως γίνεται σήμερα δεν είναι εφικτή χωρίς την αποτελεσματική αντιμετώπιση των ζιζανίων. Στη συμβατική γεωργία παραγωγής του βαμβακιού σήμερα τα ζιζανιοκτόνα θεωρούνται εντελώς απαραίτητα για την αντιμετώπιση των ζιζανίων αφού δεν έχει βρεθεί ακόμα άλλη πιο αποτελεσματική πρακτική, να τα αντικαταστήσει.

Είναι γνωστό ότι από αγρονομική άποψη ένα καλό ζιζανιοκτόνο εδάφους πρέπει να έχει διάρκεια ζωής τόση ώστε να δώσει τον οικονομικά αποδεκτό έλεγχο των ζιζανίων σε ένα αγροοικοσύστημα και στη συνέχεια να διασπαστεί ώστε τα υπολείμματά του με την παρουσία και τα επίπεδά τους να μην επηρεάζουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών που ακολουθούν στο ίδιο αγροοικοσύστημα την ίδια ή την επόμενη καλλιεργητική περίοδο.

Η περίοδος κατά την οποία ένα ζιζανιοκτόνο παραμένει βιολογικά ενεργό στο έδαφος είναι χαρακτηριστική ιδιότητα για κάθε ζιζανιοκτόνο εδάφους και είναι σημαντική όχι μόνο στον καθορισμό της αποτελεσματικότητας αλλά και τυχόν περιορισμών στην αμειψισπορά. Υπολειμματικότητα πέρα από την κρίσιμη περίοδο για έλεγχο των ζιζανίων οδηγεί ενδεχόμενα σε προβλήματα φυτοτοξικότητας στις καλλιέργειες που ακολουθούν.

Ένα ζιζανιοκτόνο το οποίο παραμένει βιολογικά ενεργό στο έδαφος αφού έχει συγκομιστεί η καλλιέργεια στην οποία έχει εφαρμοστεί ενώ δεν έχει πλέον ζιζανιοκτόνο αξία, πολλές φορές μπορεί να είναι η αιτία πολύ σοβαρών προβλημάτων φυτοτοξικότητας. Είναι πια γνωστό ότι αρκετά ζιζανιοκτόνα που έχουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από μια βλαστική περίοδο της καλλιέργειας στην οποία έχουν εφαρμοστεί απαιτούν να ακολουθήσουν ανθεκτικές καλλιέργειες.

Είναι σημαντικό για τον καλλιεργητή να γνωρίζει αν υπάρχουν περιορισμοί ή απαγορεύσεις στη διαδοχή των καλλιεργειών οι οποίες μπορούν να καλλιεργηθούν μετά τη χρήση ενός συγκεκριμένου προγράμματος

ζιζανιοκτονίας, και αυτό προϋποθέτει και απαιτεί γνώση των επιπέδων των υπολειμμάτων των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος.

Η βιοδιαθεσιμότητα των ζιζανιοκτόνων και η ανθεκτικότητα τους στην αποδόμηση ενδέχεται να προκαλούν και άλλα προβλήματα όπως ζημιά σε οργανισμούς μη στόχους, μετακίνησή τους έξω από την επιθυμητή ζώνη δράσης και παρουσία τους σε κάθε σημείο του περιβάλλοντος (έδαφος-νερά-αέρας- οργανισμοί) και έτσι να αποτελούν μια πηγή κινδύνου σε άλλα τμήματα του περιβάλλοντος.

Σήμερα ένα άλλο σοβαρό πρόβλημα από την χρήση των ζιζανιοκτόνων είναι η έκπλυσή τους στο έδαφος και επιβάρυνση των υπόγειων νερών, θέμα το οποίο ενδιαφέρει την κοινή γνώμη. Ειδικά για τα ζιζανιοκτόνα ο πιθανός κίνδυνος εξαρτάται κυρίως από την κινητικότητα και τη διάρκεια ζωής τους στο περιβάλλον.

Στα συστήματα Συμβατικής Γεωργίας για την παραγωγή σχεδόν οποιασδήποτε καλλιέργειας τα ζιζανιοκτόνα δεν έχουν ακόμα υποκατασταθεί από άλλες πρακτικές.

Στην περιοχή της Θεσσαλίας ειδικότερα αλλά και γενικά στη βαμβακοκαλλιέργεια της χώρας από τη δεκαετία του 1960 το trifluralin είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο ζιζανιοκτόνο. Είναι προσπαρτικό ενσωματούμενο ζιζανιοκτόνο. Όμως το trifluralin ενώ έχει μελετηθεί εκτενώς στο εξωτερικό σχεδόν τίποτα δεν είναι γνωστό για την περιβαλλοντική του συμπεριφορά στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της Ελλάδας και ειδικότερα της Θεσσαλίας.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθεί η τυχόν επιφανειακή απορροή, έκπλυση, η ημιζωή και η μεταβολή των υπολειμμάτων του trifluralin σε δύο αγρούς στην περιοχή της Λάρισας . Η μελέτη έγινε στον αγρό και σε συνθήκες κανονικής καλλιέργειας βαμβακιού.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Γενικά

Οι Δινιτροανιλίνες είναι μία από τις παλιότερες και τις σημαντικότερες οικογένειες ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ζιζανίων σε αρκετές αγρονομικές και κτηνοτροφικές καλλιέργειες (Peter, 1985).

Το trifluralin: [2,6-dinitro-*N,N*-dipropyl-4-(trifluoromethyl) benzenamine] είναι ένα από τα πρώτα και ευρύτερα χρησιμοποιούμενο ζιζανιοκτόνο της οικογένειας των Δινιτροανιλινών. Πρωτοεγκρίθηκε για χρήση το 1963 (Weber, 1990). Χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο για πολλά χρόνια, για εκλεκτικό έλεγχο ετήσιων ζιζανίων στο βαμβάκι (Thompson, 1989; Dornai, 1991) και σε άλλες καλλιέργειες (Thompson, 1989).

Το trifluralin είναι προσπαρτικό ενσωματούμενο ζιζανιοκτόνο (Ashton, 1991). Χρησιμοποιείται προσπαρτικά στο βαμβάκι, αραχίδα, ηλιάνθο, φασόλια, μπάμια, λάχανο, κουνουπίδι και προφυτευτικά στη τομάτα, πιπεριά, λάχανο, κουνουπίδι. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ορισμένων ετήσιων αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων (Thompson, 1989; Herbicide Handbook, 1994; Λόλας, 1999).

Το trifluralin έχει μοριακό τύπο: $C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$, και μοριακό βάρος: 335,28. Η καθαρή ουσία είναι πορτοκαλί κρυσταλλικό στερεό, χωρίς εκτιμητή μυρωδιά. Έχει πυκνότητα 1.36 στους 22°C, σημείο τήξεως: 46-47°C. Αποσυντίθεται από την υπεριώδη ακτινοβολία (UV), αλλά και θερμικά στους 275°C (Herbicide Handbook, 1994).

Γενικά, τα ζιζανιοκτόνα της οικογένειας των Δινιτροανιλινών είναι σχετικά μέτρια ως πολύ πτητικά και περιορισμένης κινητικότητας στο έδαφος (Helling, 1976; Herbicide Handbook, 1994).

Ειδικότερα, το trifluralin είναι σχετικά πτητικό (Helling, 1976 Grover et al, 1988) με πίεση ατμών 14.8mPa στους 25°C. Η διαλυτότητά του στο νερό είναι 0.3mg/L (Grover et al, 1988; Herbicide Handbook, 1994).

Η πτητικότητα του trifluralin στο έδαφος αποδείχθηκε από τον Bradsley το 1968. Η έρευνά του έδειξε ότι η απώλεια του trifluralin με εξάτμιση αυξάνονταν με τη συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου και την περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία και μειώνονταν με την τοποθέτηση - ενσωμάτωση του ζιζανιοκτόνου

κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Μεταγενέστερες έρευνες έδειξαν ότι η εξάτμιση του trifluralin μειώνονταν με την αύξηση του βάθους ενσωμάτωσης (Savage 1969). Περισσότερη έρευνα τεκμηρίωσε την ευθύγραμμη σχέση μεταξύ της εξάτμισης του trifluralin και της περιεκτικότητας του εδάφους σε υγρασία (Spencer, 1974; Swann, 1972). Η υγρασία, μόνη και μέσω της σχέσης της με άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, έχει κύρια επίδραση στην εξάτμιση του trifluralin (Hollingsworth, 1980). Όμως, μια γρήγορη και μεγάλη απώλεια από τα εδάφη στα οποία γίνονταν κατάκλιση βρέθηκε ότι δεν ήταν αποτέλεσμα της εξάτμισης αλλά της έκπλυσης (Savage, 1978).

Ο τρόπος δράσης του trifluralin στα ζιζάνια έχει μελετηθεί και είναι γνωστός. Το trifluralin, όπως και οι υπόλοιπες δινιτροανιλίνες, παρεμβαίνει στην κυτταροδιαίρεση εμποδίζοντας τον πολυμερισμό της πρωτεΐνης τουμπουλίνης, απαραίτητης για τους μικροσωληνίσκους στο σχηματισμό της ατράκτου και του κυτταρικού τοιχώματος (Hess, 1982; Λόλας, 1999). Αποτέλεσμα είναι να παρεμποδίζεται η αύξηση των ριζών – ριζικού συστήματος (Standifer & Thomas, 1966; Oliver & Funs, 1968) και κατ' επέκταση και των βλαστών στα φυτάρια των ευπαθών ειδών στα οποία παρατηρείται διόγκωση στις άκρες των ριζών (Appleby, 1988).

Το trifluralin δεν παρεμποδίζει τη βλάστηση του σπόρου αλλά την πρώιμη αύξηση του φυταρίου αμέσως μετά τη βλάστηση του σπόρου. Αυτό προκαλείται από τη διαταραχή στη διαίρεση των κυττάρων. Χαρακτηριστικά, η ρίζα αυξάνει σε διάμετρο ή διογκώνεται στην ενεργή μεριστωματική περιοχή κοντά στην κορυφή της ρίζας και η αύξηση του βλαστού επίσης παρεμποδίζεται (Ashton, 1991). Το trifluralin παρεμποδίζει τη διαίρεση των κυττάρων με το να ενώνεται στην τουμπουλίνη και να μπλοκάρει τη δημιουργία των μικροσωληνίσκων της ατράκτου (Hess, 1982; Probst, 1967). Αφού το trifluralin παρεμβαίνει στη διαίρεση των κυττάρων στις ρίζες μπορεί να ζημιώσει καλλιεργούμενα φυτά όπως και ζιζάνια (Probst, 1967).

Οι δινιτροανιλίνες είναι πιο αποτελεσματικές στον έλεγχο αγρωστωδών με μικρούς σπόρους σε καλλιέργειες με μεγαλύτερους ελαιούχους σπόρους όπως το βαμβάκι (Vaughn, 1991). Οι Hilton and Christiansen 1972, βρήκαν μια σχέση ανάμεσα στην περιεκτικότητα σε λιπίδια του σπόρου και την ευαισθησία του φυτού στο trifluralin σύμφωνα με την οποία όσο πιο ψηλά τα επίπεδα λιπιδίων τόσο πιο ανθεκτικό το φυτό.

Το trifluralin μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αρκετές καλλιέργειες σε μια τυπική αμειψισπορά καλλιεργειών μιας περιοχής γεγονός το οποίο επιτρέπει την εξέταση των μακροπρόθεσμων επιδράσεων μετά από επανειλημμένη καλλιέργεια και συνεχείς εφαρμογές. Αυτοί οι λόγοι κάνουν το trifluralin να είναι ένα ζιζανιοκτόνο που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο για έρευνες των επιδράσεων των καλλιεργητικών συστημάτων στη συμπεριφορά των ζιζανιοκτόνων εδάφους (Berger, 1999).

Είναι γνωστό ότι το trifluralin έχει χρησιμοποιηθεί ως ένωση αναφοράς στις μελέτες άλλων Δινιτροανιλινών (Peter, 1985).

2.2. Έκπλυση

Οι Δινιτροανιλίνες κατατάσσονται ανάμεσα στα πιο αμετακίνητα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Weber, 1990). Σε μελέτες έκπλυσης σε στήλες διαφόρων τύπων εδαφών αναφέρεται ότι το benefin, dipropalin, nitralin και trifluralin ήταν τα λιγότερο μετακινούμενα από τα 28 ζιζανιοκτόνα που μελετήθηκαν (Harris 1966).

Ειδικότερα, οι Δινιτροανιλίνες προσροφώνται σχετικά ισχυρά από τα κολλοειδή της ιλύος και της οργανικής ουσίας και δεν υπόκεινται σε σημαντική έκπλυση (Ashton, 1991).

Το trifluralin απορροφάται αρκετά ισχυρά στα εδάφη (Berger, 1999), κυρίως από την οργανική ουσία του εδάφους (Helling, 1976; Grover et al, 1979).

Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας και της χαμηλής διαλυτότητας στο νερό, η έκπλυση είναι ελάχιστη (Anderson, 1968; Duseja, 1978; Koren, 1972; Menges, 1975).

Η έκπλυση δεν θεωρείται μηχανισμός σημαντικός στη μετακίνηση του trifluralin (Anderson, 1968; Koren, 1972; Menges, 1974; Miller, 1975).

Στις περισσότερες μελέτες το trifluralin αναφέρεται ότι έχει πολύ αργή κινητικότητα στο έδαφος (Weber, 1990; Bottoni, 1992) και γι' αυτό έκπλυση με την κάθετη κίνηση του νερού του εδάφους είναι απίθανο να συμβεί (Weber, 1990; Bottoni, 1992; Berger, 1992).

Ο Helling (1971) σε μελέτες με χρωματογραφία λεπτής στιβάδας με 14 εδάφη κατέταξε το trifluralin ως αμετακίνητο στο έδαφος.

Ένα χρόνο μετά την εφαρμογή του trifluralin σε σιτάρι στον Καναδά, το 85% από τα υπολείμματα που παρέμειναν ήταν ακόμα στα πρώτα 7.5cm του εδάφους του χωραφιού, με το άλλο 15% να βρίσκεται στη ζώνη 7.5- 10cm. Δε βρέθηκε κάτω από τα 10cm (Grover, 1988).

Ο Anderson (1988) κατέταξε το trifluralin στα ζιζανιοκτόνα με χαμηλό δυναμικό έκπλυσης στο έδαφος και μεγάλο δυναμικό απορροής στην επιφάνεια. Το μεγάλο δυναμικό απώλειας από την επιφάνεια οφείλεται στις υψηλές απώλειες εδάφους από διάβρωση και δε θα παρουσίαζε πρακτική αξία αν οι απώλειες εδάφους από διάβρωση ήταν χαμηλές. Χαμηλές απώλειες με επιφανειακή απορροή πρέπει να αναμένονται όπου τα ζιζανιοκτόνα ενσωματώνονται στο έδαφος ή σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας του εδάφους.

Επιβάρυνση των υπογείων νερών από το trifluralin γενικά θεωρείται απίθανο να συμβεί και σπάνια αναφέρεται στη βιβλιογραφία. Όταν συμβαίνει αυτό τότε είναι το πιθανότερο αποτέλεσμα σημειακής πηγής μόλυνσης ή κίνησης μέσω των μακροπόρων στα ρηχά εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα ή μέσω εδαφών με χονδρόκοκκη υφή, με χαμηλή οργανική ουσία κάτω από καθεστώς υψηλών βροχοπτώσεων (Weber, 1990).

Σε μελέτη που αφορούσε τη μετακίνηση με απορροή του trifluralin, από μικρές γεωργικές λεκάνες απορροής, βρέθηκε ότι η ποσότητα του trifluralin που σχετίζονταν με την απορροή ήταν 0,17 και 0.03% αυτού που εφαρμόστηκε για διαδοχικά χρόνια (Rohde et al, 1980). Σε μελέτη στη Νότια Καρολίνα για ανίχνευση - παρουσία φυτοπροστατευτικών ουσιών στο νερό απορροής το trifluralin βρέθηκε ότι είχε μικρότερες απώλειες απορροής από ότι τα isoxaben και thiophanate methyl και αυτό αποδόθηκε στο ότι είναι περισσότερο πτητικό και έχει μεγαλύτερη συγκράτηση στα κολοειδή του εδάφους (Briggs, 1998).

Ο Wauchope το 1978 σε μία ανασκόπηση ως προς την απορροή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, ανέφερε συγκεντρώσεις του trifluralin από 0.5 έως 15mg/L σε διάλυμα επιφανειακής απορροής και ίζημα σε βραχυχρόνιες μελέτες απορροής και απώλειες του trifluralin από <0.001 ως 0.76% του συνολικού εφαρμοζόμενου σε μακροπρόθεσμες μελέτες απορροής.

Οι Smith et al (1978) ανέφεραν απώλειες του trifluralin από 2 έως 13 $\mu\text{g/L}$ στο νερό απορροής και 10 έως 57,4 $\mu\text{g/kg}$ στο ίζημα (0,001-0,18% του εφαρμοζόμενου) σε μελέτες απορροής φυτοπροστατευτικών ουσιών.

Η Παπαδοπούλου-Μουρκίδου (1998) σε μελέτη, σε γεωτρήσεις στη Βόρεια Ελλάδα και στη λεκάνη του Αξιού, σχετικά με την ποιότητα υπογείων νερών βρήκε συγκεντρώσεις 0,002 έως 0,005 $\mu\text{g/l}$ και 0,001-0,2 $\mu\text{g/l}$ αντίστοιχα.

Γενικά, το trifluralin στο έδαφος δεν μετακινείται έξω και μακριά από τη ζώνη εφαρμογής, παρά μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

2.3. Ημιζωή

Η διάσπαση των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος συχνά περιγράφεται από μια πρώτης τάξης διαφορική εξίσωση κινητικής $dC/dt = -kC$ όπου C =συγκέντρωση, t =χρόνος, k είναι η σταθερά πρώτης τάξεως. Μετά από ολοκλήρωση και λογαριθμική μετατροπή, η εξίσωση που προκύπτει είναι ένα απλό ευθύγραμμο μοντέλο το οποίο ελέγχεται εύκολα με ανάλυση συσχέτισης (Reyes, 1989).

Η εξίσωση της κινητικής πρώτης τάξης υποθέτει ότι ο ρυθμός διάσπασης του ζιζανιοκτόνου εξαρτάται από τη συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου (Zimdahl, 1977). Η εξίσωση κινητικής πρώτης τάξης επιτρέπει τον υπολογισμό του χρόνου ημιζωής από την κλίση και περιγράφει επαρκώς τη διάσπαση ως συνάρτηση της συγκέντρωσης (Reyes, 1989).

Ο ρυθμός διάσπασης και εξαιτίας αυτού η διάρκεια ζωής των υπολειμμάτων στο έδαφος είναι μια σημαντική και καθοριστική ιδιότητα της συμπεριφοράς κάθε ζιζανιοκτόνου (Walker, 1987). Η διάρκεια ζωής στο χωράφι δεν είναι μια σταθερή, δηλαδή αμετάβλητη ιδιότητα ενός συγκεκριμένου ζιζανιοκτόνου, αλλά ποικίλει ανάλογα με τις ιδιότητες του εδάφους και τις καιρικές συνθήκες μετά την εφαρμογή (Walker, 1983a). Για αυτό τα αποτελέσματα από κάθε μελέτη στον αγρό για υπολειμματικότητα είναι συγκεκριμένα και ισχύουν για την περιοχή και την εποχή μελέτης, ενώ είναι σχετικά και ενδεικτικά για άλλες περιοχές δηλαδή εδαφικές – κλιματικές συνθήκες (Walker, 1987).

Η διάρκεια ζωής ενός ζιζανιοκτόνου επηρεάζεται από τα διάφορα χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους όπως pH, μικροβιακή

δραστηριότητα και οργανική ουσία (Weber and Lowder, 1985). Η διάρκεια ζωής του trifluralin στο χωράφι εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως οι εδαφικές συνθήκες, βροχόπτωση, διαφορές στο χρόνο και τη δόση εφαρμογής, τη μέθοδο εφαρμογής, τη μέθοδο και το βάθος ενσωμάτωσης σε διάφορες περιοχές (Smith, 1994). Το trifluralin παρουσίασε μικρότερη διάρκεια ζωής με ρηχή ενσωμάτωση προφανώς και λόγω μερικής εξάτμισής του (Oliver 1968; Savage 1969). Ακόμα, έχει βρεθεί και είναι καλά γνωστό ότι το trifluralin διασπάται πιο γρήγορα κάτω από αναερόβιες παρά κάτω από αερόβιες συνθήκες (Parr, 1973; Probst, 1967).

Αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει τους ρυθμούς απώλειας (Walker, 1987). Οι Zimdahl and Gwynn (1977); Messersmith (1971); Smith (1978), ανέφεραν ένα μειωμένο ρυθμό διάσπασης του trifluralin όταν η θερμοκρασία εδάφους μειωνόταν από 30 σε 15°C και η υγρασία μειωνόταν διαδοχικά από 100 σε 75, 50, 25, 0%. Οι Jacques and Harvey (1979) ανέφεραν ότι η διάρκεια ζωής των δινιτροανιλινών που ενσωματώνονταν στο έδαφος εξαρτιόνταν από τη θερμοκρασία εδάφους και την υγρασία. Τα ζιζανιοκτόνα έμεναν βιολογικά ενεργά περισσότερο κάτω από ξηρές, δροσερές συνθήκες ενώ τα υπολείμματά τους περιορίζονταν δραστικά κάτω από ζεστές, υγρές συνθήκες. Το trifluralin φαίνεται ότι έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε ξηρικά περιβάλλοντα παρά σε περιοχές που δέχονται περισσότερη βροχόπτωση. (Probst, 1967).

Η κινητική πρώτης τάξης περιέγραψε ικανοποιητικά τη διάσπαση του trifluralin στους 15°C σε ένα αμμωπηλώδες ή πηλώδες έδαφος σε συνθήκες εργαστηρίου (Zimdahl, 1977). Παρόλα αυτά, στους 30°C, η διάσπαση χαρακτηρίστηκε από έναν γρήγορο αρχικά ρυθμό ακολουθούμενη από έναν πιο αργό ρυθμό (Zimdahl, 1977). Αυτό το φαινόμενο έχει παρατηρηθεί σε αρκετές έρευνες της διάσπασης του trifluralin στο έδαφος (Hayden, 1980; Jensen, 1980; LaFleur, 1978, LuFleur, 1979; Pritchard, 1980; Savage, 1973).

Ο περιορισμός – μηδενισμός των υπολειμμάτων ενός φυτοφαρμάκου στα εδάφη σε δύο στάδια έχει παρατηρηθεί από τους Hamaker & Goring (1972), Savage (1973) και La Fluer et al (1978). Το αρχικό γρήγορο στάδιο θεωρείται ότι ανταποκρίνεται στη διάσπαση του κλάσματος του φυτοφαρμάκου το οποίο είναι εύκολα διαθέσιμο, ενώ κατά τη διάρκεια του δεύτερου πιο αργού σταδίου, το βήμα που καθορίζει το ρυθμό είναι η απελευθέρωση του

φυτοφαρμάκου από τις θέσεις προσρόφησης από τις οποίες η εγκατάλειψη είναι αργή.

Ευθύγραμμο και μη ευθύγραμμο μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της αρχικής γρήγορης διάσπασης και της αργής συνεπακόλουθης διάσπασης που παρατηρήθηκε για το trifluralin (Reyes, 1989). Μια εμπειρική εξήγηση γιατί ο ρυθμός διάσπασης πολλών φυτοφαρμάκων γίνεται αναλογικά πιο αργός όσο προχωράει ο χρόνος δίνεται από το μοντέλο των δύο διαμερισμάτων των Hamaker and Goring (1976).

Όπως φαίνεται από την ξένη βιβλιογραφία ο χρόνος ημιζωής του trifluralin κυμαίνεται από 20 έως 132 μέρες με μέσο όρο 45 μέρες (Herbicide Handbook, 1994). Σύμφωνα με αυτό, στο χωράφι αναφέρθηκαν διάφοροι χρόνοι ημιζωής: 19 ημέρες από τους Lefleur et al 1978, 20 έως 35 ημέρες (Prost 1967), 37 έως 75 ημέρες (Jacques et al 1979), 70 ημέρες (Nofzinger et al 1985), 132 ημέρες (Jury et al 1987). Η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής παρατηρήθηκε σε ψυχρές και ξηρές περιοχές (Herbicide Handbook, 1994). Σε μελέτες στο θερμοκήπιο αναφέρθηκαν χρόνοι ημιζωής 45 έως 60 (Savage, 1973) και 50 έως 91 (Savage 1978) και σε θάλαμο ανάπτυξης 60 έως 130 ημέρες (Probst, 1967). Η ημιζωή ήταν 99 ± 8 ημέρες σε καλλιέργεια σιτάρι, στον Καναδά (Grover, 1988).

Σε καλλιέργεια *Brassica napus* L var. *napus* την πρώτη χρονιά και μετά από συνεχείς χρονιές σιτάρι, ο Berger, 1999 μέτρησε χρόνο ημιζωής ανάμεσα στις 310 και 350 ημέρες Αυτό συμφωνούσε με τα αποτελέσματα από προηγούμενες έρευνες (Berger et al, 1996) όπου μετρήθηκαν χρόνοι ημιζωής ανάμεσα στις 250 και 300 ημέρες. Άλλοι συγγραφείς μέτρησαν μικρότερη διάρκεια ζωής του trifluralin εξαιτίας των υψηλότερων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Walker and Eagle, 1983; Gaynor, 1985).

2.4. Υπολειμματικότητα

Η γνώση της υπολειμματικότητας των ζιζανιοκτόνων και της τυχόν μετακίνησής τους στο έδαφος είναι μια αναγκαία προϋπόθεση για τη σωστή χρήση των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόζονται στο έδαφος (Miller 1978).

Η υπολειμματικότητα των ζιζανιοκτόνων σε συνθήκες αγρού καθορίζεται από διάφορους παράγοντες ανάμεσα στους οποίους συμπεριλαμβάνονται η

θερμοκρασία (Horowitz, 1974) η περιεκτικότητα σε υγρασία (Kerney, 1976, Messersmith, 1971; Probst, 1967) το pH και ο τύπος του εδάφους (Savage 1978).

Στις περισσότερες περιπτώσεις η υπολειμματικότητα του trifluralin βρέθηκε να είναι μεγαλύτερη σε συνθήκες εδάφους με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (Dornai, 1991).

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε ιλύ μπορεί επίσης να είναι σημαντική για τον καθορισμό της υπολειμματικότητας του ζιζανιοκτόνου. Σε συνθήκες φυσικών εδαφών είναι δύσκολο να ξεχωριστούν οι επιδράσεις των κολλοειδών της ιλύος και της οργανικής ουσίας αφού, τουλάχιστον στα εδάφη των εύκρατων περιοχών, συχνά συνδέονται (Eagle, 1983a).

Το trifluralin και οι άλλες Δινιτροανιλίνες έχουν σχετικά μέση διάρκεια ζωής στο έδαφος και απώλεια της περισσότερης βιολογικής δράσης τους συμβαίνει μέσα σε 6 μήνες σε θερμά, υγρά κλίματα (Horowitz, 1969; Oliver, 1968; Parka, 1969; Savage 1973).

Έρευνες στο εργαστήριο και στο χωράφι δείχνουν ότι το trifluralin διασπάται γρήγορα με το μεγαλύτερο μέρος της εφαρμοζόμενης δόσης να αποδομείται σε μια καλλιεργητική περίοδο (Helling, 1976; Parka, 1969; Probst, 1967). Ενώ άλλοι ερευνητές αναφέρουν υπολειμματικότητα από 6 έως 12 μήνες μετά την εφαρμογή (Bryant, 1967; Heplert, 1972; Horowitz, 1974a; Menges, 1970; Menges, 1974; Parka, 1969; Savage, 1973; Schweizer, 1966; Wiese, 1969).

Γενικά, τα υπολείμματα που παραμένουν στο έδαφος είναι περίπου 10% μετά από 6-12 μήνες (Herbicide Handbook 7th edition 1994).

Η έρευνα που έκαναν οι Parka and Tepe 1969 στις ΗΠΑ σχετικά με την αποδόμηση του trifluralin σε καλλιεργούμενα εδάφη έδειξε ότι η πλειονότητα των εδαφοδειγμάτων περιείχε από 1 έως 8% της αρχικής εφαρμόσιμης ποσότητας στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

Στη Γερμανία σε εργασία σχετικά με τη υποκατάσταση του οργώματος με σβάρνισμα σε μια τριετή αμειψισπορά, δεν παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης του trifluralin μετά από επανειλημμένες εφαρμογές του (Berger, 1999), επιβεβαιώνοντας προηγούμενες παρατηρήσεις (Parka and Tepe, 1969).

Σε καλλιέργεια σιτάρι στον Καναδά βρέθηκε ότι στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου τα υπολείμματα του trifluralin για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο κυμαίνονταν μεταξύ 20 και 25% της αρχικής δόσης. Αυτά τα σχετικά υψηλά υπολείμματα αποδόθηκαν από τους συγγραφείς στις πολύ ψυχρές συνθήκες του Καναδικού χειμώνα (Grover, 1988).

Η ελληνική έρευνα στο θέμα της συμπεριφοράς του trifluralin στο έδαφος είναι σχετικά περιορισμένη αν όχι ανύπαρκτη. Εντοπίστηκε μια μόνο έρευνα η οποία αφορούσε βαμβάκι στον αγρό αρδευόμενο με σύστημα στάγδην. Παρατηρήθηκε μεγάλη ανομοιομορφία στη μείωση των υπολειμμάτων τα επίπεδα των οποίων εξαρτιόνταν από την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους. Σημαντικότερα υψηλά υπολείμματα βρέθηκαν ιδιαίτερα σε ξηρό καλοκαίρι (Γιαννοπολίτης και άλλοι, 1997).

2.5. Προβλήματα στην επόμενη καλλιέργεια

Το ενδεχόμενο να παρατηρηθεί φυτοτοξικότητα σε μία καλλιέργεια από υπολειμματική δράση ενός ζιζανιοκτόνου καθορίζεται κυρίως από τη διάρκεια ζωής του ζιζανιοκτόνου στο έδαφος και την ευαισθησία στο ζιζανιοκτόνο της καλλιέργειας σε αμειψισπορά (Hartzler, 1989).

Καλλιεργητικά συστήματα τα οποία αναμειγνύουν καλά το έδαφος σε βάθος μεγαλύτερο από το βάθος ενσωμάτωσης του ζιζανιοκτόνου είναι δυνατόν να καταναείμουν και έτσι να αραιώνουν τα υπολείμματα του ζιζανιοκτόνου στο ριζόστρωμα και να μειώσουν τον κίνδυνο υπολειμματικής ζημίας στις καλλιέργειες αμειψισποράς (Hartzler, 1989).

Η μεταφορά υπολειμμάτων στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο γενικά δεν είναι πρόβλημα με τις Δινιτροανιλίνες στις καλλιέργειες που σπέρνονται την άνοιξη εάν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου υπάρχει κατάλληλη υγρασία εδάφους για τη διάσπαση του ζιζανιοκτόνου. Η υπολειμματική δράση μπορεί να είναι ένα πρόβλημα αν το trifluralin εφαρμόζεται αργά στην καλλιεργητική περίοδο, αν ευαίσθητες καλλιέργειες σπέρνονται το φθινόπωρο, ή αν η καλλιεργητική περίοδος είναι ξηρική και με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (Weber, 1990).

Τα υπολείμματα του trifluralin που μεταφέρονται στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο γενικά δεν προκαλούν προβλήματα στην επόμενη καλλιέργεια αν και έχουν αναφερθεί περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκε ζημία. Για παράδειγμα, υπολειμματική δράση του trifluralin ζημίωσε το καλαμπόκι και το σόργο τα οποία σπάρθηκαν την επόμενη χρονιά από την εφαρμογή του trifluralin (Abernathy, 1979; Hartzler, 1989). Ακόμα, δόση 1,1kgδ.ο./ha προκάλεσε ζημία στο καλαμπόκι και στα ζαχαρότευτλα που σπάρθηκαν την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Herbicide Handbook 7th edition 1994). Δόση 1,71kgδ.ο./ha προκάλεσε ζημία σε βρώμη που σπάρθηκε 355 μέρες μετά την εφαρμογή του trifluralin (Harvey, 1973).

Στις συνθήκες της Iowa (κρύο), το trifluralin που εφαρμόστηκε στις συγκεντρώσεις τις ετικέτας (0,5 ως 1,1 kg/ha) δεν αποτελούσε μια σοβαρή απειλή για το καλαμπόκι που σπέρνονταν την επόμενη χρονιά. Υπολειμματική ζημία παρατηρήθηκε σε υψηλότερες δόσεις trifluralin (Hartzler, 1989).

Οι Hartzler et al (1989) βρήκαν ότι το trifluralin που εφαρμόστηκε σε δόσεις 1.1, 2.2 και 4.5kg/ha είχε ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της ανάπτυξης καλαμποκιού που σπάρθηκε την επόμενη χρονιά μετά την εφαρμογή του. Οι δύο υψηλότερες δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν από τους Hartzler et al (1989) υπερβαίνουν αξιοσημείωτα τις συνιστώμενες δόσεις εφαρμογής για τον έλεγχο ζιζανίων, αλλά η περιγραφόμενη υπολειμματικότητα δείχνει την πιθανή ζημία στις καλλιέργειες ακόμα και σε συνηθισμένες δόσεις, ειδικά σε περιπτώσεις χρησιμοποίησης του χωραφιού για δύο καλλιέργειες μέσα στην ίδια καλλιεργητική περίοδο.

Ζημία από μεταφορά υπολειμμάτων του trifluralin στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο έχει αναφερθεί στο καλαμπόκι (Fink, 1972; Fuerst, 1987; Hartzler, 1984), στη βρώμη (Schweizer, 1966) και στο σιτάρι (Fink, 1972) με την καλλιέργεια που προηγήθηκε να είναι σόγια (Hartzler, 1989).

Ο Fink (1972), ανέφερε ότι η ζημία από υπολειμματική δράση του trifluralin στο καλαμπόκι, στο σιτάρι και στο σόργο αυξήθηκε με λιγότερο εντατικές μεθόδους προετοιμασίας της σποροκλίνης για τις καλλιέργειες αμειψισποράς.

Το σιτάρι είναι αρκετά ανθεκτικό στο trifluralin αλλά όχι τόσο ανθεκτικό όσο το κριθάρι (O'Sullivan, 1985a,b). Η ζημία στο σιτάρι μπορεί να συμβεί σε συνθήκες όπου σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις trifluralin μεταφέρονται στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο, που ακολουθεί τη χρήση του σε μια

καλλιέργεια με ελαιούχους σπόρους (Morrison et al, 1989). Κάτω από τις συνθήκες του Καναδά ένα 30% της εφαρμοζόμενης δόσης του trifluralin είναι δυνατόν υπάρχει και μετά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και να έχει υπολειμματική δράση την επόμενη καλλιεργητική χρονιά (Grover, 1988; Smith, 1982). Τέτοια υπολειμματική δράση μπορεί να μειώσει τη βλαστικότητα του σιταριού και την ευρωστία του φυταρίου. Η ζημιά είναι μεγαλύτερη όταν οι συνθήκες δεν ευνοούν γρήγορη βλάστηση δηλαδή αν η καλλιέργεια σπέρνεται βαθιά και αν οι συνθήκες του εδάφους παραμένουν κρύες κατά τη διάρκεια της βλάστησης (Anonymous, 1989).

Το trifluralin στην ετικέτα του αναφέρει περιορισμούς στην αμειψισπορά για το ρύζι. Σε πειράματα βρέθηκε ότι όταν η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν σόγια και η δόση σε έδαφος αμμοπηλώδες (SL) ήταν 0,84 kg δ.ο./ha και σε έδαφος αργιλώδες (C) ήταν 1.12kg δ.ο./ha υπήρχε υπολειμματική δράση την επόμενη χρονιά. Σε ανάλογο πείραμα όμως που έγινε στο Arkansas δε βρέθηκε επίδραση (Johnson et al 1995) .

Ακόμα, προβλήματα από υπολειμματική δράση του trifluralin αναφέρθηκαν στα ζαχαρότευτλα (Petch, 1984).

Σε μια Νορβηγική νησιωτική περιοχή το Valdres με μικρή περίοδο αύξησης και σχετικά μικρή βροχόπτωση αναφέρθηκαν ζημιές σε πρόσφατα εγκατεστημένους χλοοτάπητες, κυρίως *Festuca pratensis* και *Phleum pratense*, όπου την προηγούμενη χρονιά είχε εφαρμοστεί το trifluralin (Solbakken, 1982).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το trifluralin είναι δυνατόν να προκαλέσει προβλήματα ακόμα και στην καλλιέργεια του βαμβακιού.

Ο Magal το 1987 ανέφερε ότι στην περιοχή Neger, Βόρεια του Ισραήλ, χωράφια στα οποία εφαρμόστηκε το trifluralin παρουσίασαν ένα πιο αργό ρυθμό αύξησης και ακόμα μια μείωση στην απόδοση. Η χρήση στάγδην άρδευσης σε υψηλή συχνότητα γίνεται όλο και πιο συνηθισμένη στο βαμβάκι. Γενικά, αυτό το σύστημα άρδευσης έχει ως αποτέλεσμα ένα μειωμένο βάθος διείσδυσης των ριζών, ακόμα αυξάνει την πιθανότητα της ζημιάς στην καλλιέργεια, αφού ο περισσότερος από τον συνολικό όγκο ριζών βρίσκεται στο πάνω εδαφικό στρώμα στο οποίο έχει γίνει εφαρμογή trifluralin (Dornai, 1991).

Η αναστολή της ανάπτυξης των ριζών του βαμβακιού αυξάνει καθώς η δόση του trifluralin και το βάθος ενσωμάτωσης αυξάνουν (Oliver, 1966).

Σε έρευνα που έγινε στο Τέξας των ΗΠΑ δεν βρέθηκαν αρνητικές επιδράσεις στην ανάπτυξη και στην απόδοση του βαμβακιού (Keeling, 1996).

Φαίνεται δηλαδή ότι η χρησιμοποίηση του trifluralin με λανθασμένο τρόπο είναι δυνατόν να προκαλέσει προβλήματα στην καλλιέργεια που εφαρμόζεται ή στις καλλιέργειες που ακολουθούν.

Εκτός όμως από τα προβλήματα που είναι δυνατόν να προκαλέσει, η χρήση του trifluralin μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της ζημιάς από άλλα ζιζανιοκτόνα. Σε έρευνα που έγινε στο Ισραήλ βρέθηκε ότι όταν το trifluralin ενσωματωνόταν στο έδαφος, σε συνδυασμό με diuron, fluometuron ή prometryne η ζημιά στα φυτάρια του βαμβακιού ήταν μικρότερη από αυτή που προκαλούνταν από το diuron, fluometuron ή prometryne μόνα τους (Kleifeld, 1994). Η διαφορά στην αντίδραση του ριζικού συστήματος του βαμβακιού και διαφόρων άλλων ζιζανίων στο trifluralin που ενσωματώνεται στο έδαφος θεωρήθηκε από το συγγραφέα ότι πιθανώς αυτός είναι ο κύριος μηχανισμός που ελέγχει τη δραστηριότητα και την εκλεκτικότητα των υψηλών δόσεων diuron, fluometuron ή prometryne στο έδαφος.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Τοποθεσίες και χαρακτηριστικά των πειραματικών αγρών

Έγιναν δύο πειράματα σε καλλιέργεια βαμβακιού στην περιοχή Πέτρα του Δημοτικού Διαμερίσματος Σωτηρίου του Δήμου Αρμενίου Νομού Λάρισας τη χρονική περίοδο Απρίλιος 1999 – Οκτώβριος 1999.

Επιλέχθηκαν δύο αγροτεμάχια, ένα επίπεδο και ένα επικλινές με κλίση περίπου 10% για να μελετηθεί τυχόν επιφανειακή απορροή, και η έκπλυση, η ημιζωή και η μεταβολή χρονικά των υπολειμμάτων του ζιζανιοκτόνου trifluralin ένα από τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα ζιζανιοκτόνα στην βαμβακοκαλλιέργεια στην περιοχή της Θεσσαλίας. Στα αγροτεμάχια αυτά δεν είχε γίνει χρήση trifluralin τα τελευταία δύο χρόνια. Ο επίπεδος αγρός ήταν έκτασης 33 στρεμμάτων και ο επικλινής 12. Η εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου έγινε και στα δύο πειράματα στις 20 Απριλίου 1999. Χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα TRIPLEN 48 EC. Αμέσως μετά την εφαρμογή στον επίπεδο αγρό έγινε ενσωμάτωση με καλλιεργητή και στον επικλινή με δισκοσβάρνα. Την ενσωμάτωση ακολούθησε σπορά βαμβακιού ποικιλίας Deltapine 50. Η σπορά στον επικλινή αγρό έγινε κατά τις ισοϋψείς. Η λίπανση, τα ποτίσματα και όλες οι άλλες καλλιεργητικές φροντίδες ήταν εκείνες που συνηθίζονται στην περιοχή της Θεσσαλίας από όλους τους βαμβακοπαραγωγούς.

3.2. Ζιζανιοκτόνα

Στον αγρό: Για τα πειράματα αγρού χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό σκεύασμα TRIPLEN 48 EC (trifluralin 48%w/v) στη δόση 0,151kg δραστικής ουσίας το στρέμμα και ο ψεκασμός έγινε με συρόμενο βυτίο, μπάρα 22 ακροφυσίων τύπου ριπιδίου και σε πίεση περίπου 2 Atm. Η συνιστώμενη δόση του σκευάσματος είναι: για τα ελαφρά εδάφη 120 κ.εκ./στρ., για τα μέσα 180 κ.εκ./στρ., για τα βαριά εδάφη 250 κ.εκ./στρ.

Στο εργαστήριο: Για την παρασκευή προτύπων διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκε η πρότυπη ουσία trifluralin καθαρότητας 99%w/w της εταιρίας Chem Service. Παρασκευάστηκαν πυκνά πρότυπα διαλύματα της ουσίας trifluralin. Στη συνέχεια, από αυτά παρασκευάστηκαν με κατάλληλες αραιώσεις διαλύματα εργασίας σε συγκεντρώσεις 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 1, 2, 4, 10,

16 mg/lit, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη βαθμονόμηση του χρωματογραφικού συστήματος (calibration solutions).

3.3. Δειγματοληψίες εδάφους

Η δειγματοληψία έγινε πριν και αμέσως μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (0 ημέρες) και στη συνέχεια στις 20, 40, 60, 90, 120 και 150 ημέρες μετά την εφαρμογή.

Στον επικλινή αγρό πάρθηκαν δείγματα εδάφους από το πάνω, το μέσο και το κάτω μέρος (σε τρεις διαφορετικές περιοχές σε κάθε περίπτωση). Στον επίπεδο αγρό πάρθηκαν δείγματα από τρεις διαφορετικές θέσεις και σε κάθε θέση από τρία σημεία. Τα βάθη δειγματοληψίας ήταν 0-10cm για όλες τις δειγματοληψίες και 0-10 και 10-20cm για τη δειγματοληψία πριν την εφαρμογή και στις 90, 120 και 150 ημέρες.

Οι δειγματοληψίες γίνονταν σε τυχαία επιλεγμένα σημεία που βρίσκονταν μεταξύ των γραμμών σποράς και σε θέσεις κοντά σε αυτές της προηγούμενης δειγματοληψίας. Στις 17/6/99 έγινε εγκατάσταση της στάγδην άρδευσης και η προέλευση των δειγμάτων ήταν από τη γραμμή που υπήρχαν οι σταλάκτες. Η δειγματοληψίες γίνονταν με δειγματολήπτη διαμέτρου 8 cm για αδιατάρακτο δείγμα.

Τα δείγματα μεταφέρονταν στο εργαστήριο, αεροξηραίνονταν σε θερμοκρασία δωματίου υπό σκιά για 1-3 μέρες ανάλογα με την υγρασιακή κατάσταση των εδαφοδειγμάτων κάθε φορά, μετά λειοτριβονταν και ακολουθούσε κοσκίνισμα και ομογενοποίηση σε κόσκινο 2mm. Τα κοσκινισμένα δείγματα αποθηκεύονταν σε κατάψυξη (-20°C) μέχρι την εκχύλιση και τη μέτρηση σε αεριοχρωματογράφο.

3.4. Αναλυτική μεθοδολογία

ι) Εκχύλιση

Για τις εργαστηριακές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- ι)για την εκχύλιση, ο οργανικός διαλύτης οξικός αιθυλεστέρας υψηλής καθαρότητας (τύπου Pestigrade) και
- ιι)για τη δέσμευση υπολειμμάτων υγρασίας, άνυδρο Na_2SO_4 .

Από κάθε δείγμα μετά από την απόψυξη και πολύ καλή ανάμειξη του ζυγίζονταν 20g. Για τη μέτρηση των υπολειμμάτων του ζιζανιοκτόνου

ακολουθήθηκε η μέθοδος ανάλυσης ζιζανιοκτόνων της ομάδας των Δινιτροανιλινών των Garcia – Valcarcel et al, (1996) με μικρές παραλλαγές. Τα 20g από κάθε εδαφοδείγμα τοποθετούνταν σε κωνικές φιάλες των 250 ml, προσθέτονταν 90 ml οξικού αιθυλεστέρα (ethyl acetate). Η κωνική φιάλη πωματίζονταν και ακολουθούσε ανακίνηση για 100 min στις σε παλινδρομικό ανακινητή στις 330 στροφές ανά λεπτό. Μετά το τέλος της ανακίνησης οι φιάλες αφήνονταν να ηρεμήσουν περίπου 12 ώρες. Ακολουθούσε διήθηση του υπερκείμενου υγρού σε χάρτινο φίλτρο Whatman No1, στο οποίο είχε προστεθεί μικρή ποσότητα άνυδρου θειικού νατρίου (Na_2SO_4) για κατακράτηση τυχόν ποσοτήτων νερού. Μετά τη διήθηση το φίλτρο ξεπλένονταν με 10 ml οξικού αιθυλεστέρα (ethyl acetate). Τα εδαφοδείγματα επανεκχυλίζονταν με άλλα 90 ml ethyl acetate και ακολουθούσαν η ίδια διαδικασία διήθησης. Το συνολικό εκχύλισμα (συλλέγονταν σε σφαιρική φιάλη) συμπυκνώνονταν σε περιστροφικό εξατμιστήρα με χαμηλή πίεση (στους 35 °C) μέχρι το στάδιο της σταγόνας. Το συμπύκνωμα οδηγούνταν με τη βοήθεια οξικού αιθυλεστέρα σε όγκο 2ml. Ακολούθως το τελικό διάλυμα μεταφέρονταν σε φιαλίδια χρωματογραφίας για έγχυση στον αεριοχρωματογράφο.

ii) Χρωματογραφική ανάλυση

Η ανάλυση και ο προσδιορισμός των υπολειμμάτων του ζιζανιοκτόνου έγινε με αέριο χρωματογράφο τύπου Hewlett Packard 6890 plus εφοδιασμένο με ανιχνευτή αζώτου φωσφόρου (NPD). Η χρωματογραφική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε τριχοειδή στήλη τύπου HP-5 (με στατική φάση μεθυλοσιλικόνης πάχους 0,25mm) μήκους 30m και εσωτερικής διαμέτρου 0,32mm. Η στήλη ήταν συνδεδεμένη στον εισαγωγέα τύπου splitless με προστήλη.

Οι χρωματογραφικές συνθήκες που εφαρμόστηκαν ήταν οι παρακάτω. Θερμοκρασία του εισαγωγέα 240°C. Θερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου: 60°C (1min), 10 °C/min μέχρι 150°C, 3°C/min μέχρι 165 °C, 10°C/min μέχρι 220°C, 30°C/min μέχρι 280°C (2min). Η ροή του φέροντος αερίου (He) ήταν 2ml/min. Θερμοκρασία ανιχνευτή 300°C. Ροή υδρογόνου 3ml/min. Ροή αέρα 6ml/min. Οι ενέσιμες ποσότητες ήταν 2μl.

II α) Ποιοτική ανάλυση

Με τις χρωματογραφικές συνθήκες που αναφέρθηκαν παραπάνω το δραστικό μόριο trifluralin εμφανίζει χρόνο κατακράτησης 14.81 min όπως αυτός προκύπτει από την χρωματογραφική ανάλυση σύνθετου πρότυπου διαλύματος. Κατά την ανάλυση εδαφικών δειγμάτων του μάρτυρα (δείγματα που πάρθηκαν πριν την εφαρμογή) στους αντίστοιχους χρόνους δεν υπήρξαν άλλες κορυφές οι οποίες να ενοχλούν την ταυτοποίηση και τον προσδιορισμό των υπολειμμάτων του ζιζανιοκτόνου.

II β) Ποσοτική ανάλυση

Ο ποσοτικός προσδιορισμός του trifluralin στα εκχυλίσματα εδάφους έγινε με την τεχνική του εξωτερικού προτύπου. Δηλαδή με βάση την εξίσωση της καμπύλης αναφοράς.

Υπολογίστηκε η ευαισθησία του συστήματος (του ανιχνευτή) προς τη συγκεκριμένη ουσία (trifluralin) και σχηματίστηκε η καμπύλη αναφοράς (calibration curve). Για το σκοπό αυτό αναλύθηκαν πρότυπα δείγματα trifluralin γνωστής συγκέντρωσης (calibration solutions) και υπολογίστηκε το αντίστοιχο σήμα (επιφάνεια κορυφής) για κάθε συγκέντρωση. Χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα trifluralin 9 διαφορετικών συγκεντρώσεων. Στην εξίσωση ο άξονας x αντιστοιχούσε στη μάζα (ng) και ο y στην επιφάνεια κορυφής. Ο συντελεστής συσχέτισης της εξίσωσης της καμπύλης αναφοράς ($y=102,43x+5,027$) ήταν $R^2=0,998$.

Έγινε χρωματογραφική ανάλυση δειγμάτων που πάρθηκαν πριν την εφαρμογή (χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρας). Στα δείγματα αυτά δε βρέθηκε trifluralin.

Χρησιμοποιώντας την καμπύλη αναφοράς και από την επιφάνεια των κορυφών των ζιζανιοκτόνων υπολογίστηκε η ποσότητα του ζιζανιοκτόνου στην ενέσιμη ποσότητα. Η ποσότητα αυτή αναφέρθηκε στο αρχικό βάρος του αεροξηρανθέντος εδαφικού δείγματος με σκοπό να υπολογιστεί η συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου στο έδαφος. Η περιεκτικότητα του αεροξηρανθέντος εδάφους σε ζιζανιοκτόνο εκφράστηκε σε mg δ.ο./kg ξηρού εδάφους (ppm w/w). Η ανάκτηση και η επαναληψιμότητα της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε ήταν ικανοποιητική για αναλύσεις υπολειμμάτων (ανάκτηση 81-91% και επαναληψιμότητα 4,3-9%).

II γ) Αποδόμηση – διάρκεια ζωής

Η ημιζωή ($t_{1/2}$) ενός ζιζανιοκτόνου είναι ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί στο 50% η αρχική του συγκέντρωση. Υπολογίστηκε θεωρώντας ότι η μείωση των υπολειμμάτων του trifluralin ακολουθεί την κινητική πρώτης τάξης η οποία περιγράφεται από εξίσωση της μορφής $\ln c = at + b$, όπου $\ln c$ ο νεπερίος λογάριθμος της παραμένουσας συγκέντρωσης (C) του ζιζανιοκτόνου στο έδαφος, a η κλίση της ευθείας ή ο ρυθμός απομάκρυνσης και t ο χρόνος (χρονικό διάστημα που έγιναν οι μετρήσεις).

Οι χρόνοι ημιζωής ($t_{1/2}$) σε ημέρες υπολογίστηκαν με βάση τη σχέση: $t_{1/2} = 0.693/a$ (Brown et al, 1996).

3.5 Στατιστική ανάλυση

Από τον τρόπο σχεδιασμού του πειράματος – μη επανάληψη των επεμβάσεων στο χώρο και στο χρόνο- δεν είναι δυνατόν να γίνει ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA). Επειδή όμως οι μέσοι όροι προέρχονται από 3 εκχυλίσες για την κάθε θέση δειγματοληψίας, στους πίνακες και στα διαγράμματα δίνονται για κάθε τιμή τα όρια εμπιστοσύνης (προέρχονται από την τυπική απόκλιση των 3 μετρήσεων από το μέσο όρο).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Γενικά

Η συγκέντρωση των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος επηρεάζεται από τη σύσταση των εδαφών και από τις μετεωρολογικές συνθήκες. Τις συνθήκες δηλαδή που επικρατούν κατά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (άνεμος, θερμοκρασία) αλλά και τις μέρες που ακολουθούν μετά από αυτή δηλαδή κυρίως τη θερμοκρασία και την ποσότητα νερού που δέχεται το έδαφος (βροχοπτώσεις, ποτίσματα).

Τα χαρακτηριστικά των εδαφών των δύο πειραμάτων φαίνονται στον Πίνακα 1. Και τα δύο εδάφη έχουν παρόμοια σύσταση . Είναι πηλώδη με 25% περίπου άργιλο και ελαφρώς αλκαλικά (pH 8 και 8,2 για τον επικλινή και τον επίπεδο αγρό, αντίστοιχα). Ο επικλινής διαφοροποιείται από τον επίπεδο ως προς την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία με 2,5 και 1,4%, αντίστοιχα (Πιν. 1).

Πίν. 1: Μερικά χαρακτηριστικά των εδαφών των δύο πειραμάτων*

	Επίπεδος αγρός	Επικλινής αγρός
Άμμος	44%	52%
Ιλύς	29%	25%
Άργιλος	27%	23%
Χαρακτηρισμός	L (πηλώδες)	L (πηλώδες)
Οργανική ουσία	1,4%	2,5%
CaCO3 % κατά Bernard	4,8	1,7
pH 1:1	8,2	8,0
CEC (me/100g εδάφους)	8,27	7,3

*Η ανάλυση των εδαφοδειγμάτων έγινε στο ΙΧΤΕΛ Λάρισας και στο εργαστήριο εδαφολογίας του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (CEC)

Οι μέσες θερμοκρασίες ανά δεκαήμερο κατά την περίοδο των πειραμάτων φαίνονται στον Πίνακα 2. Είναι οι κανονικές για την περιοχή και την εποχή. Η μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία δεκαημέρου εμφανίζεται το δεκαήμερο 111-120 ημέρες από την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου δηλαδή από 11-20 Αυγούστου.

Πιν.2: Μέσος όρος θερμοκρασίας ανά δεκαήμερο στην περιοχή των πειραμάτων

Ημέρες από τη σπορά	Θερμοκρασία °C	Ημέρες από τη σπορά	Θερμοκρασία °C
0-10	15,9	91-100	25,9
11-20	18,5	101-110	26,5
21-30	20,4	111-120	28,7
31-40	20,2	121-130	25,1
41-50	25,2	131-140	22,4
51-60	25,4	141-150	21,6
61-70	24,0	151-160	23,0
71-80	26,0	161-170	20,1
81-90	26,7	171-180	16,5

Οι βροχοπτώσεις και τα ποτίσματα σε σχέση με τις δειγματοληψίες φαίνονται στον Πίνακα 3. Όπως φαίνεται, οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού ποτίσματος εφαρμόστηκαν στα χρονικά διαστήματα 61-90 ημέρες και 91-120 ημέρες από την εφαρμογή και στα δύο πειράματα. Δεν εφαρμόστηκε άρδευση μετά τις 150 μέρες. Μικρά ύψη βροχής ανά δεκαήμερο υπήρξαν από 20 ως τις 90 μέρες από την εφαρμογή. Το διάστημα 151-180 ημέρες από την εφαρμογή (δηλαδή 20 Σεπτεμβρίου ως 20 Οκτωβρίου) ήταν αυτό με το μεγαλύτερο ύψος βροχής. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3 δεν παρατηρήθηκαν έντονα φαινόμενα βροχόπτωσης που θα προκαλούσαν όπως ήταν επιδιωκόμενο πιθανή επιφανειακή απορροή.

Πιν.3: Χρόνος και ύψος βροχής καθώς και χιλιοστά αρδεύσεων στα δύο πειράματα σε σχέση με το χρόνο εδαφοδειγματοληψίας

Ημέρες μετά την εφαρμογή	Βροχόπτωση Ύψος βροχής mm	Ποτίσματα	
		Επίπεδος αγρός mm	Επικλινής αγρός mm
0-20	12,7	10	10
21-40	2,8	-	10
41-60	2,1	10	35
61-90	2,9	120	95
91-120	6,4	150	150
121-150	12,6	30	30
151-180	43,6	-	-

4.2. Συγκεντρώσεις trifluralin στο έδαφος

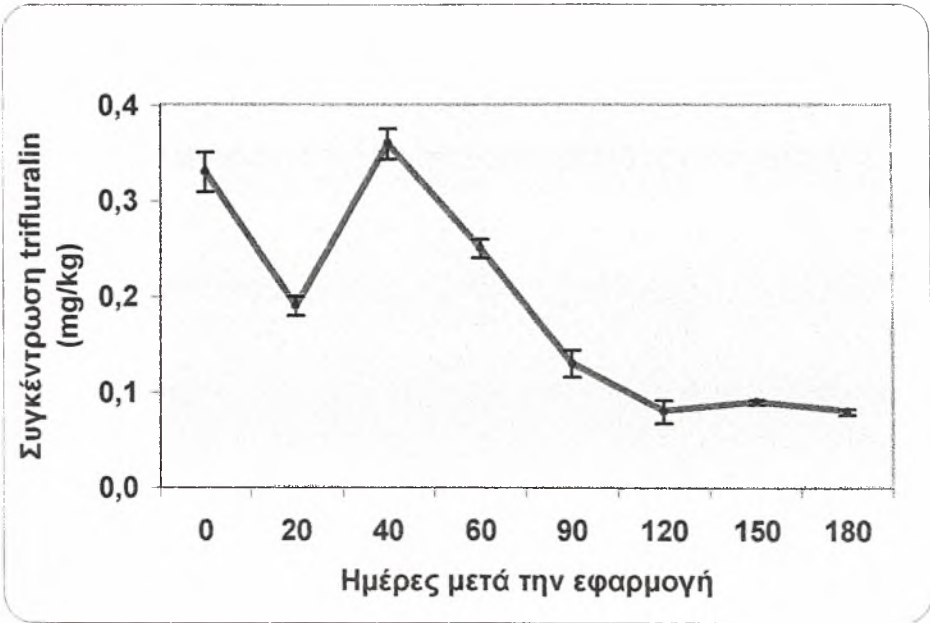
A. Επικλινής αγρός

Οι συγκεντρώσεις του trifluralin που μετρήθηκαν με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας σε βάθος 0-10cm στον επικλινή αγρό (πάνω, μέσο, κάτω μέρος) σε σχέση με τις ημέρες από την εφαρμογή παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Στον ίδιο πίνακα παραθέτεται και η επί τοις % συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου με βάση τη συγκέντρωσή του αμέσως μετά την εφαρμογή (0 ΜΑΕ).

Πιν.4: Συγκεντρώσεις (mg/kg) και ποσοστό % του αρχικά εφαρμοζόμενου trifluralin σε εδαφοδείγματα που πάρθηκαν σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή στον επικλινή αγρό (βάθος 0-10cm)

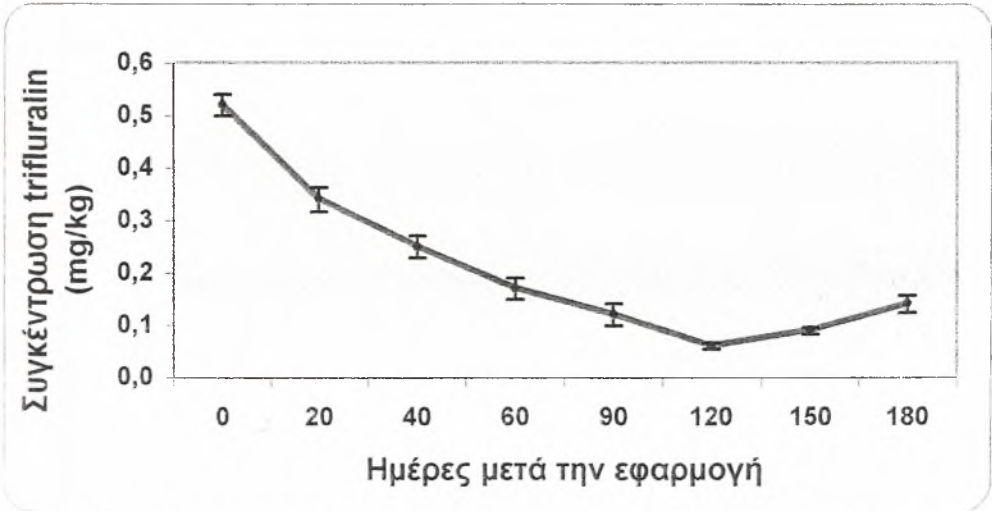
Δειγματοληψία Ημέρες μετά την εφαρμογή	Πάνω		Μέσο		Κάτω	
	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%
0	0,33	100	0,52	100	0,79	100
20	0,19	58	0,34	65	0,49	62
40	0,36	109	0,25	48	0,96	122
60	0,25	76	0,17	33	0,19	24
90	0,13	39	0,12	23	0,08	10
120	0,08	24	0,06	12	0,19	24
150	0,09	27	0,09	19	0,22	28
180	0,08	24	0,14	27	0,10	13

1) Πάνω μέρος: Στο πάνω μέρος του επικλινούς αγρού αμέσως μετά την εφαρμογή τα υπολείμματα του trifluralin που μετρήθηκαν ήταν 0,33mg/kg trifluralin (Σχ.1). Στις 180 ημέρες μετά την εφαρμογή τα υπολείμματα ήταν 0,08mg/kg το οποίο αντιστοιχεί σε 24% της αρχικής ανιχνεύσιμης ποσότητας. Γενικά, τα υπολείμματα του trifluralin μειώνονταν καθώς αυξάνονταν ο χρόνος από την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου. Στις πρώτες 90 μέρες από την εφαρμογή παρουσιάζεται μια πιο γρήγορη μείωση των υπολειμμάτων με εξαίρεση τις 40 μέρες όπου τα υπολείμματα ήταν 0,36mg/kg. Μετά τις 90 μέρες παρατηρήθηκε πιο αργός ρυθμός μεταβολής των υπολειμμάτων. Στο χρονικό διάστημα 120 έως 180 ημέρες παρατηρήθηκε πολύ αργή μεταβολή των υπολειμμάτων (Σχ.1).



Σχ.1: Μεταβολή της συγκέντρωσης του trifluralin σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή του στο πάνω μέρος του επικλινούς αγρού

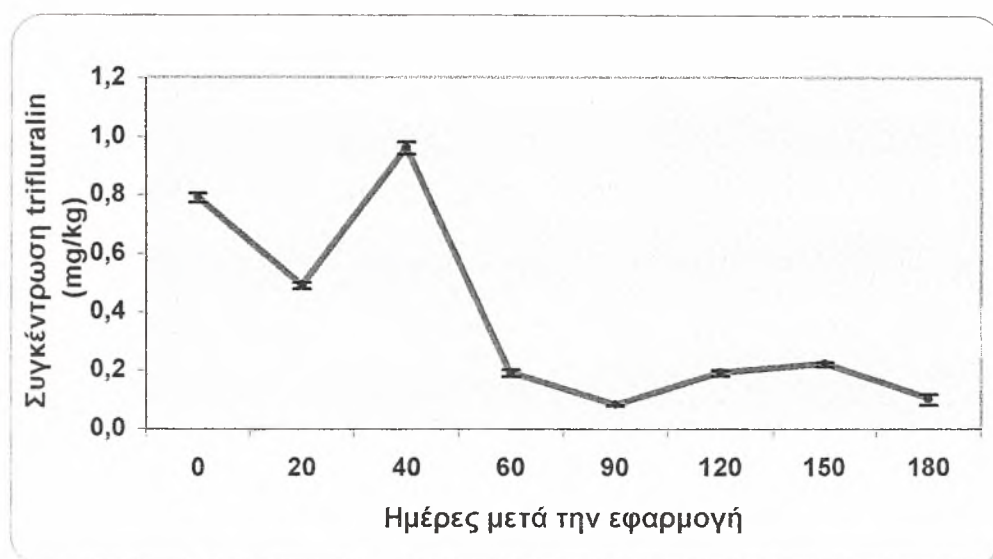
2) Μέσο αγρού: Μια πιο ομαλή εικόνα μεταβολής των υπολειμμάτων του trifluralin παρουσιάζεται στο μέσο του επικλινούς αγρού όπου τα υπολείμματα μειώθηκαν σταδιακά από 0,52mg/kg αμέσως μετά την εφαρμογή σε 0,14mg/kg στις 180 ημέρες μετά της εφαρμογή (Σχ.2).



Σχ.2: Μεταβολή της συγκέντρωσης του trifluralin σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή του στο μέσο του επικλινούς αγρού

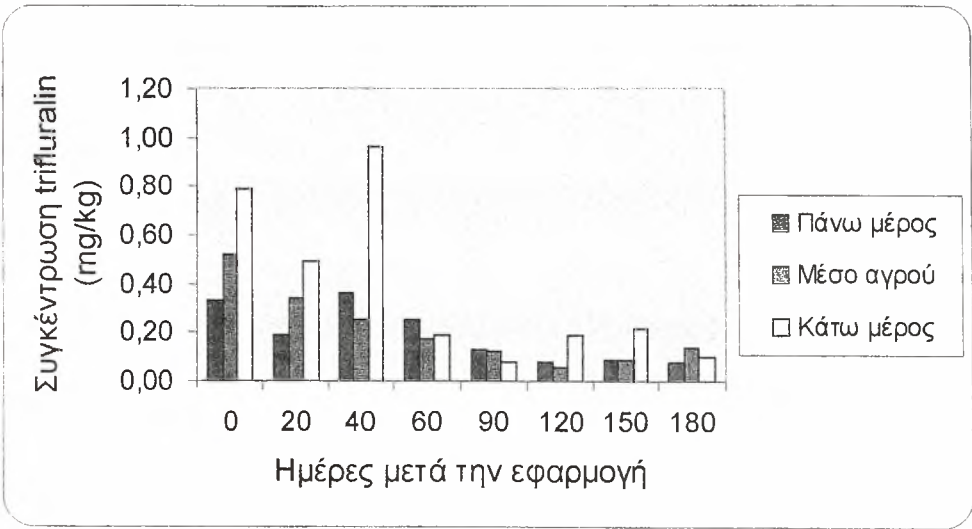
Η τελική ανιχνεύσιμη ποσότητα στις 180 ΜΑΕ αντιστοιχεί σε 27% της ποσότητας που μετρήθηκε αμέσως μετά την εφαρμογή. Όπως φαίνεται στο Σχ.2 μετά τις 90 μέρες η μεταβολή των υπολειμμάτων ήταν πολύ αργή.

3) Κάτω μέρος: Στο κάτω μέρος του επικλινούς αγρού η μεταβολή των υπολειμμάτων του trifluralin ήταν περίπου παρόμοια με εκείνη στο πάνω μέρος (Σχ.1, Σχ.3). Τα υπολείμματα μειώθηκαν από 0,8mg/kg αμέσως μετά την εφαρμογή σε 0,1mg/kg κατά την τελευταία δειγματοληψία, δηλαδή στο 13% της αρχικής ανιχνεύσιμης ποσότητας (Σχ.3). Η αυξημένη τιμή των υπολειμμάτων που παρατηρήθηκε στις 40 ημέρες (0,96mg/kg) πρέπει να αποδοθεί σε τυχαία και ανομοιόμορφη κατανομή του ζιζανιοκτόνου κατά της εφαρμογή. Στο χρονικό διάστημα 60 έως 180 μέρες από την εφαρμογή ο ρυθμός μεταβολής των υπολειμμάτων ήταν πολύ αργός.



Σχ.3: Μεταβολή της συγκέντρωσης του trifluralin σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή του στο κάτω μέρος του επικλινούς αγρού

4) Σύγκριση των τριών τμημάτων του επικλινούς αγρού: Και στα τρία τμήματα του επικλινούς αγρού σε όλες τις δειγματοληψίες εκτός από δύο (60, 90 μέρες) τα υπολείμματα ήταν υψηλότερα στο μέσο και στο κάτω μέρος (Σχ.4). Αυτό φαίνεται πιο έντονα αμέσως μετά την εφαρμογή και στις 20, 40 μέρες. Στο κάθε τμήμα χωριστά παρατηρήθηκε μείωση των υπολειμμάτων από την εφαρμογή μέχρι τις 180 μέρες (Σχ.4).



Σχ.4: Συγκεντρωτικά η μεταβολή της συγκέντρωσης του trifluralin σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή του στα τρία μέρη του επικλινούς αγρού

Β. Επίπεδος Αγρός

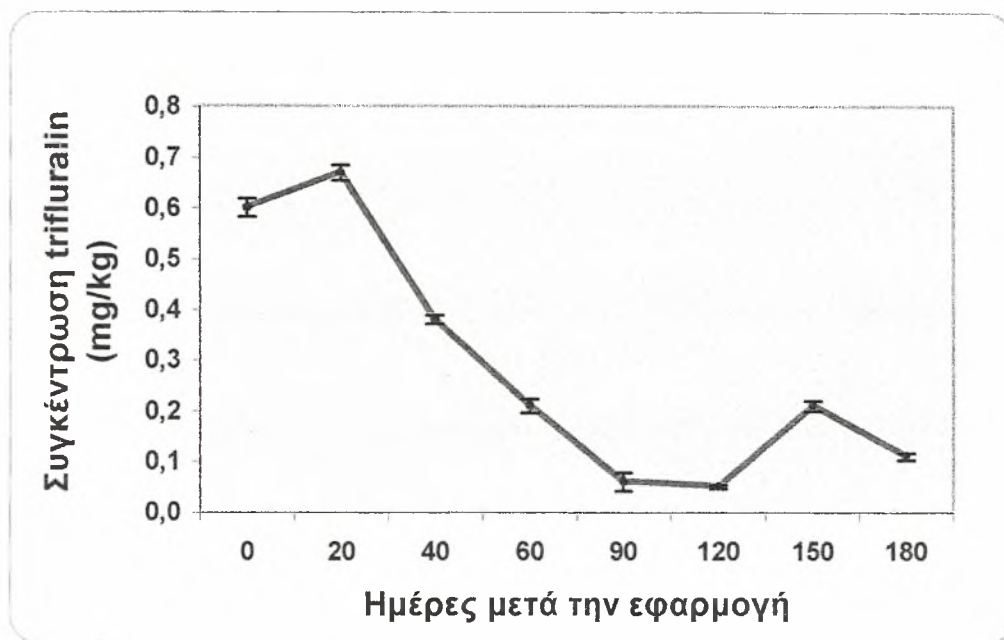
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης του trifluralin στον επίπεδο αγρό όπως προέκυψαν από την ανάλυση των εδαφικών δειγμάτων για το βάθος 0-10cm παρουσιάζονται στον πίνακα 5. Στον ίδιο πίνακα φαίνεται και η επί τοις % συγκέντρωση του trifluralin με βάση τη συγκέντρωσή του αμέσως μετά την εφαρμογή.

Πιν.5: Συγκεντρώσεις (mg/kg) του trifluralin σε βάθος 0-10cm σε εδαφοδείγματα που πάρθηκαν σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή του στον επίπεδο αγρό

Δειγματοληψία	Επίπεδος αγρός	
Ημέρες μετά την εφαρμογή	mg/kg	%
0	0,60	100
20	0,67	112
40	0,38	63
60	0,21	35
90	0,06	10
120	0,05	8
150	0,22	37
180	0,11	18

Στο πείραμα του επίπεδου αγρού η μεταβολή των υπολειμμάτων ήταν παρόμοια με εκείνη στον επικλινή (Σχ.5). Τα υπολείμματα μειώνονταν από 0,6

mg/kg αμέσως μετά την εφαρμογή σε 0,11mg/kg στις 180 ΜΑΕ δηλαδή 18% της αρχικής ανιχνεύσιμης ποσότητας. Όπως και στο πάνω και κάτω μέρος του επικλινούς αγρού έτσι και στον επίπεδο αγρό, στις 20 ΜΑΕ μετρήθηκαν λίγο υψηλότερα υπολείμματα σε σχέση με εκείνα αμέσως μετά την εφαρμογή. Αυτό πρέπει να αποδοθεί μάλλον σε ανομοιόμορφη κατανομή του trifluralin κατά την εφαρμογή και δειγματοληψία στις 20 ΜΑΕ τυχαία σε θέση ίσως με περισσότερο trifluralin. Από τις 20 έως τις 90 ΜΑΕ παρατηρήθηκε μια ταχεία μείωση των υπολειμμάτων. Μετά τις 90 και έως τις 180 ΜΑΕ η μείωση των υπολειμμάτων ήταν πολύ βραδεία.



Σχ.5: Η μεταβολή της συγκέντρωσης του trifluralin σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή του στον επίπεδο αγρό

4.3. Έκπλυση

Από τη χρωματογραφική ανάλυση των δειγμάτων εδάφους σε βάθος 10-20cm και στα δύο πειράματα δεν ανιχνεύτηκε το ζιζανιοκτόνο trifluralin εκτός από το κάτω μέρος του κεκλιμένου αγρού όπου στις 120, 150 μέρες από την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου μετρήθηκαν 0,01mg/kg στο βάθος 10-20cm. Φαίνεται δηλαδή ότι δεν υπήρξε μετακίνηση στα βαθύτερα στρώματα.

4.4. Ημιζωή

Η ημιζωή υπολογίστηκε θεωρώντας ότι η μείωση των υπολειμμάτων του trifluralin ακολουθεί την κινητική πρώτης τάξης.

Οι συγκεντρώσεις του trifluralin σε mg/kg δηλαδή η παραμένουσα κάθε φορά ποσότητα, μετατράπηκαν σε νεπέριους λογαρίθμους (Πιν. 6).

Πίν.6 : Νεπέριοι λογάριθμοι (InC) των συγκεντρώσεων του trifluralin σε βάθος 0-10cm σε διάφορους χρόνους μετά την εφαρμογή του στον επικλινή και στον επίπεδο αγρό

Δειγματοληψία	Επικλινής αγρός			Επίπεδος αγρός
Ημέρες μετά την εφαρμογή	Πάνω	Μέσο	Κάτω	
0	-1,11	-0,65	-0,24	-0,51
20	-1,64	-1,07	-0,71	-0,39
40	-1,01	-1,39	-0,04	-0,98
60	-1,38	-1,80	-1,64	-1,57
90	-2,06	-2,16	-2,55	-2,81
120	-2,59	-2,87	-1,68	-3,02
150	-2,43	-2,30	-1,50	-1,51
180	-2,53	-1,97	-2,30	-2,21

Έγινε ανάλυση της γραμμικής συσχέτισης των φυσικών λογαρίθμων των συγκεντρώσεων που παρέμειναν στο έδαφος σε συνάρτηση με το χρόνο μετά την εφαρμογή (ημιλογαριθμική επεξεργασία). Η κλίση της ευθείας (a) που προέκυψε ήταν - 0,0090 για το πάνω μέρος του επικλινούς αγρού, -0,0088 για το μέσο, -0,0107 για το κάτω μέρος, -0,0108 για τον επίπεδο αγρό.

Οι χρόνοι ημιζωής σε μέρες υπολογίστηκαν με βάση τη σχέση: Ημιζωή σε μέρες= $0.693/a$. Ήταν 64 ημέρες στον επίπεδο αγρό και 77, 79, 65 ημέρες στο πάνω, το μέσο και το κάτω μέρος του επικλινούς αγρού, αντίστοιχα.

4.5. Επιφανειακή απορροή

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3 φαινόμενα βροχών ή ποτισμάτων μεγάλης έντασης δε συνέβησαν στην διάρκεια του πειραματισμού. Αυτό σε συνδυασμό με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του trifluralin στο μέσον και κάτω μέρος του κεκλιμένου αγρού αμέσως μετά την εφαρμογή δείχνει ότι δεν έλαβε χώρα επιφανειακή απορροή. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις trifluralin οι οποίες μετρήθηκαν στο μέσο και κάτω μέρος του χωραφιού πρέπει να

αποδοθούν στη μετακίνηση και εναπόθεση του ζιζανιοκτόνου σε χαμηλότερα σημεία, κατά την κλίση.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι τα υπολείμματα του trifluralin τόσο στον επικλινή όσο και στον επίπεδο αγρό μειώνονταν σταδιακά καθώς αυξάνονταν ο χρόνος από την εφαρμογή έως τις 180 μέρες, χρόνος τελευταίας δειγματοληψίας. Οι ελαφρά υψηλότερες τιμές υπολειμμάτων που μετρήθηκαν στις 40 μέρες από την εφαρμογή στο πάνω και κάτω μέρος του επικλινούς αγρού και στις 20 μέρες στον επίπεδο αγρό μπορεί να αποδοθούν σε ανομοιόμορφη κατανομή του ζιζανιοκτόνου κατά την εφαρμογή και τυχαία δειγματοληψία σε σημείο με λιγότερη ή περισσότερη ποσότητα ζιζανιοκτόνου. Υπάρχουν όμως και ερευνητικά δεδομένα που αναφέρουν παρόμοια αποτελέσματα. Για παράδειγμα ο Solbakken (1982) σε παρόμοιο πείραμα με καλλιέργεια γογγύλι (*Brassica napus oleifera biennis*) βρήκε ότι τα υπολείμματα του trifluralin στις 4 εβδομάδες ήταν υψηλότερα σε σύγκριση με εκείνα στις 2 εβδομάδες μετά την εφαρμογή.

Γενικά, η μείωση των υπολειμμάτων του trifluralin παρουσίασε δύο στάδια. Αρχικά παρατηρήθηκε ένας γρήγορος ρυθμός μείωσης έως τις 90 μέρες και ακολούθησε το δεύτερο στάδιο της βραδείας μείωσης των υπολειμμάτων από τις 90 έως τις 180 μέρες μετά την εφαρμογή. Αυτό το φαινόμενο έχει παρατηρηθεί σε αρκετές έρευνες της διάσπασης του trifluralin στο έδαφος (Hayden, 1980; Jensen, 1980; LaFleur, 1978, LuFleur, 1979; Pritchard, 1980; Savage, 1973). Ο περιορισμός – μηδενισμός των υπολειμμάτων γενικά ενός φυτοφαρμάκου στα εδάφη σε δύο στάδια έχει παρατηρηθεί από τους Hamaker & Goring (1972), Savage (1973) και La Fluer et al (1978). Το αρχικό γρήγορο στάδιο θεωρείται ότι ανταποκρίνεται στη διάσπαση του κλάσματος του φυτοφαρμάκου το οποίο είναι εύκολα διαθέσιμο, ενώ κατά τη διάρκεια του δεύτερου πιο αργού σταδίου, το βήμα που καθορίζει το ρυθμό είναι η απελευθέρωση του φυτοφαρμάκου από τις θέσεις προσρόφησης από τις οποίες η εγκατάλειψη είναι αργή.

Δεν βρέθηκε αξιολογή μετακίνηση του trifluralin στα βαθύτερα στρώματα δηλαδή σε βάθος 10-20cm εκτός από το κάτω μέρος του επικλινούς αγρού στις 120 και 150 μέρες από εφαρμογή. Αυτό συμφωνεί με τις αναφορές των

Harris (1966), Weber (1990), καθώς επίσης με τους Anderson (1968), Koren (1972), Menges (1974), Miller (1975), Duseja (1978) και Ashton (1991) οι οποίοι αναφέρουν ότι η έκπλυση ήταν ελάχιστη. Ακόμα, το trifluralin αναφέρεται στις περισσότερες μελέτες ότι έχει πολύ αργή κινητικότητα στο έδαφος (Weber, 1990; Bottoni, 1992) και έκπλυση σε βάθος κάτω από 10cm με την κάθετη κίνηση του νερού του εδάφους είναι απίθανο να συμβεί (Weber, 1990; Bottoni, 1992; Berger, 1992). Ο Helling (1971) κατέταξε το trifluralin ως αμετακίνητο στο έδαφος. Ο Anderson (1988), κατέταξε το trifluralin στα ζιζανιοκτόνα με χαμηλό δυναμικό έκπλυσης.

Η ημιζωή που μετρήθηκε στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκε από 64 έως 79 μέρες. Ένας υψηλός βαθμός παραλλακτικότητας στις έρευνες σχετικά με τη διάρκεια ζωής στο χωράφι δεν είναι ασυνήθιστος. Αυτό έχειδειχθεί για το trifluralin (Walker, 1978). Όπως φαίνεται από την ξένη βιβλιογραφία ο χρόνος ημιζωής του trifluralin κυμαίνεται από 20 έως 132 μέρες με μέσο όρο 45 μέρες (Herbicide Handbook, 1994). Στο χωράφι έχουν αναφερθεί διάφοροι χρόνοι ημιζωής: 19 ημέρες από τους Lefleur et al (1978), 20 έως 35 ημέρες (Prost 1967), 37 έως 75 ημέρες (Jacques et al 1979), 70 ημέρες (Nofzinger et al 1985), 132 ημέρες (Jury et al 1987). Ακόμα, ο Grover (1988), ανέφερε ημιζωή 99 ± 8 ημέρες σε καλλιέργεια σιτάρι, στον Καναδά. Τέλος ο Berger (1999), στη Γερμανία, σε εργασία σχετικά με τη υποκατάσταση του οργώματος με σβάρνισμα σε μια τριετή αμειψισπορά ανέφερε χρόνο ημιζωής 310 έως 350 ημέρες.

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι στην παρούσα έρευνα δεν κατέστη δυνατό να μετρηθεί επιφανειακή απορροή όπως ήταν ένας από τους σκοπούς της έρευνας διότι σε όλη την καλλιεργητική περίοδο δε συνέβη κανένα φαινόμενο “έντονης” βροχόπτωσης με σημαντική επιφανειακή απορροή ενώ η άρδευση γίνονταν με σταγόνες.

Όμως η έρευνα έδειξε ένα άλλο σημαντικό φαινόμενο, εκείνο της μετακίνησης του ψεκαστικού υγρού κατά την εφαρμογή και της εναπόθεσής του σε σημεία χαμηλότερα από εκείνα της εφαρμογής και κατά την κατεύθυνση της κλίσης. Αυτό εξηγείται από τις υψηλότερες συγκεντρώσεις του trifluralin στο μέσο και στο κάτω μέρος του επικλινούς αγρού αμέσως μετά την εφαρμογή φαινόμενο το οποίο δεν παρατηρήθηκε στον επίπεδο αγρό στον

οποίο οι συγκεντρώσεις του trifluralin αμέσως μετά την εφαρμογή του ήταν πρακτικά οι ίδιες σε όλη την έκταση του αγρού.

Με βάση τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας φαίνεται ότι σε κεκλιμένους αγρούς το ψεκαστικό υγρό εναποτίθεται κατά την εφαρμογή στα χαμηλότερα μέρη, κατά την κλίση του αγρού. Είναι ενδιαφέρον να μελετηθεί τι συμβαίνει σε αγρούς με μεγαλύτερη κλίση από 10% του αγρού της μελέτης και αυτό να συνεξετασθεί με τον έλεγχο των ζιζανίων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικά, και στον επίπεδο και στον κεκλιμένο αγρό τα υπολείμματα του trifluralin μειώθηκαν χρονικά από περίπου 0.6mg/kg αμέσως μετά την εφαρμογή (λαμβάνεται ως 100%) σε περίπου 0,1-mg/kg εδάφους στις 180 MAE (16,5% της αρχικής δόσης).

Όσον αφορά το ρυθμό μεταβολής των υπολειμμάτων αρχικά υπήρξε ταχεία μείωση της ποσότητας των υπολειμμάτων έως περίπου τις 90 MAE ενώ αργότερα τα υπολείμματα μειώνονταν με πιο αργό ρυθμό έως τις 180 MAE τόσο στον επικλινή όσο και στον επίπεδο αγρό.

Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου τα υπολείμματα κυμαίνονταν από περίπου 13% έως 27% της αρχικής ανιχνεύσιμης ποσότητας

Η ημιζωή κυμάνθηκε από 64 ημέρες στον επίπεδο αγρό έως 79 ημέρες στο πάνω μέρος του επικλινούς αγρού.

Δε μετρήθηκε μετακίνηση του trifluralin σε βάθος 10-20cm εκτός από το κάτω μέρος του επικλινούς αγρού όπου βρέθηκαν υπολείμματα 0,01 mg/kg (1,6% της αρχικής δόσης) στις 120 και 150 ημέρες από τη εφαρμογή.

Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η κατανομή των υπολειμμάτων του trifluralin ήταν ομοιόμορφη σε όλη την έκταση του επίπεδου αγρού, ενώ στον επικλινή αγρό υψηλότερα υπολείμματα μετρήθηκαν στο κάτω και μέσο μέρος σε όλες τις δειγματοληψίες εκτός από τις 90 ημέρες. Φαίνεται δηλαδή ότι στον επικλινή αγρό υπήρξε εναπόθεση μέρους του ζιζανιοκτόνου κατά την εφαρμογή στα κατώτερα τμήματα. Επειδή δεν παρατηρήθηκαν έντονα φαινόμενα βροχόπτωσης η μεγαλύτερη ποσότητα υπολειμμάτων στο κάτω μέρος πρέπει να οφείλεται στην εναπόθεση κατά την εφαρμογή και όχι σε απορροή. Υπενθυμίζεται ότι η κλίση ήταν 10% περίπου. Φαίνεται ότι σε επικλινείς αγρούς παρατηρείται εναπόθεση δηλαδή μετακίνηση του ζιζανιοκτόνου κατά την εφαρμογή του προς τα κατώτερα μέρη, κατά την κλίση.

Τα πειράματα της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκαν για μια καλλιεργητική περίοδο και σε εδάφη ορισμένης σύστασης. Αυτά αποτελούν μια ένδειξη για το τι συμβαίνει κατά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου trifluralin σε επίπεδο και επικλινή αγρό και σε εδάφη με υψηλό pH. Για να μπορούν να

εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα χρειάζεται πειραματισμός σε διαφορετικές περιοχές και διαδοχικές καλλιεργητικές περιόδους.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abernathy, J.R. and J.W. Keeling. 1979. Efficacy and rotational crop response to levels and dates of dinitroaniline herbicide applications. **Weed Sci. 27:312-317.**
2. Albanis, T.A. and G. Manos. 1995. Loss of pendimethalin in surface runoff from plots untilled and tilled with tobacco. **Intern. J. Environ. Anal. Chem. 58: 265-273.**
3. Anderson, W., A.B. Richards, and J.W. Whitworth. 1968. Leaching of trifluralin, benefin, and nitralin in soil columns. **Weed Sci. 16:165-169.**
4. Anonymous. 1989. **Guide to Chemical Weed Control.** 1989. Manitoba Agric., 908 Norway Bldg., Winnipeg, Manitoba, R3C 0P8.
5. Appleby, A.P. and B.E. Valverde. 1988. Behavior of dinitroaniline herbicides in plants. **Weed Technol. 3:198-206.**
6. Ashton, F.M., and T.J. Monaco. 1991. **Weed Science Principles and Practices.** Third Edition. John Wiley & Sons, Inc pp 222-240.
7. Bardsley, C.E., K.E. Savage, and J.C. Walker. 1968. Trifluralin behavior in soil. II. Volatilization as influenced by concentration, time, soil moisture content, and placement. **Agron. J. 60:89-92.**
8. Briggs, J.A., M.B. Riley and T. Whitwell. 1998. Quantification and Remediation of Pesticides in Runoff Water from Containerized Plant Production. **J. Environ. Qual. 27:814-820.**
9. Berger, B.M., Th. Bernd, H.J. Menne, U. Hachfeld, and C.F. Siebert. 1996. The effects of crop management on the fate of three herbicides in soil. **J. Agric. Food Chem. 44:1900-1905.**
10. Berger, B.M., D. Duhlmeieri and C. F. Siebert. 1999. Tillage Effects on Persistence and Distribution of Trifluralin in Soil. **J. Environ. Qual. 28: 1162-1167.**
11. Bottoni, P., and E. Funari. 1992. Criteria for evaluating the impact of pesticides on groundwater quality. **Sci. Total Environ. 123/124:581-590.**
12. Brown, B.A., R.M. Hayes, D.D. Tyler and T.C. Mueller. 1996. Effect of long term vetch (*Vicia villosa*) cover crop and tillage system on fluometuron dissipation from surface soil. **Weed Sci. 44:171-175.**

13. Γιαννοπολίτης, Κ.Ν., Ελ. Αναγνωστοπούλου, Αδαμ. Ροκόφυλλου – Χουρδάκη. 1997. Υπολειμματικότητα στο έδαφος των ζιζανιοκτόνων trifluralin και fluometuron σε καλλιέργειες βαμβακιού αρδευόμενες με το σύστημα «στάγδην». **10ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρίας**, Θεσ/νικη, 1997.
14. Dornai, D., Z. Gerstl, Y. Chen and U. Mingelgrin. 1991. Trifluralin effects on the development of cotton in arid zone soils. **Weed Research 31: 375-384.**
15. Duseja, D. R. and E.E. Holmes. 1978. Field persistence and movement of trifluralin in two soil types. **Soil Sci. 125:1041-1048.**
16. Eagle, D.J. 1983. Matching herbicide dose to soil type. Pages 86-93 in Pesticide Residues. **Ministry of Agriculture Fisheries and Food Reference Book No. 347.** HMSO, London.
17. Fink, F.J. 1972. Effects of tillage method and incorporation on trifluralin carryover injury. **Agron. J. 64:75-77.**
18. Fuerst, E.P., W.E. Lueschen, T.R. Hoverstad, and J.H. Ford. 1987. Effect of tillage on trifluralin carryover in corn. **Weed Sci. Soc. Am. Abstr. 27:1**
19. García-Valcárcel, C. Sánchez-Brunete, L. Martínez, J.L. Tadeo. 1996. Determination of dinitroaniline herbicides in environmental samples by gas chromatography. **J. Chromatogr. A 719 113-119.**
20. Gaynor, J.D. 1985. Dinitroaniline herbicide persistence in soil in Southwestern Ontario. **Can. J. Soil Sci. 65:587-592.**
21. Grover, R., J.D. Banting, and P.M. Morse. 1979. Adsorption and bioactivity of di-allate, tri-allate, and trifluralin. **Weed Res. 19:363-389.**
22. Grover, R., A.E., Smith, S.R. Shewchuk, A.J. Cessna, and J.H. Hunter. 1988. Fate of trifluralin and triallate applied as a mixture to a wheat field. **J. Environ. Qual. 17: 543-550.**
23. Hamaker, J.W. & C.A.I. Goring 1972. Decomposition: Quantitative aspects. Pages 253-340. In: **Organic Chemicals in the Soil Environment, Vol. I.** (eds C.A.I. Goring and J.W. Hamaker), Marcel Dekker, New York.
24. Hamaker, J.W. and C.A.I. Goring. 1976. Turnover of pesticide residues in soil. Pages 219-243 in D.D. Kaufman, G.G. Still, and G.D. Paaulson, eds.

- Bound and Conjugated Pesticide Residues. **Adv. Chem. Ser. No. 29.** Am. Chem. Soc., Washington, DC.
25. Harris, C.I. 1967. Movement of herbicides in soil. **Weeds 15:214-216.**
 26. Hartzler, R.G., R.S. Fawcett, and M.D.K. Owen. 1984. Effects of tillage on trifluralin carryover injury. Proc. North Cent. **Weed Control Conf. 39:39**
 27. Hartzler, R.G., R.S. Fawcett, and M.D.K. Owen. 1989. Effects of tillage on trifluralin residue carryover injury to corn (*Zea mays*). **Weed Sci. 37:609-615.**
 28. Harvey, R.G. 1973. Field comparison of twelve dinitroaniline herbicides. **Weed Sci. 21:512-516.**
 29. Hayden, B.J. and A.E. Smith. 1980. Comparison of the persistence of ethalfluralin and trifluralin in Saskatchewan field soils. **Bull. Environ. Contam. Toxicol. 25:508-511.**
 30. Helling, C.S. 1971. Pesticide mobility in soils, III. Influence of soil properties. **Proc. Soil Sci. Soc. Am. 35:743-748.**
 31. Helling, C.S. 1976. Dinitroaniline herbicides in soils. **Journal of Environmental Quality. 5:1-15.**
 32. Hess, F.D., 1982. Determining causes and categorizing types of growth inhibitors induced by herbicides. In: **Biochemical Responses Induced By Herbicides**, p.207, ACS Symposium Series 181, (D.E. Moreland, J.B. St. John, and F.D. Hess, Eds.), American Chemical Society, Washington, D.C.
 33. Hiltbold, A.E. 1974. Persistence of pesticides in soil. Pages 203-222 in W.D. Guenzi, ed. Pesticides in Soil and Water. **Soil Sci. Soc. Am. Inc.**, Madison, Wisconsin.
 34. Hilton, J.L. and M.N. Christiansen. 1972. Lipid contribution to selective action of trifluralin. **Weed Sci. 20:290-294.**
 35. Hollingsworth, E.B., 1980. Volatility of trifluralin from Field Soil. **Weed Sci. 28: 224-228.**
 36. Horowitz, M. 1969. Evaluation of herbicide persistence in soil. **Weed Res. 9:314-321.**
 37. Horowitz, M., T. Blumefeld, G.Herzlinger, and N. Hulin. 1974. Effects of repeated applications of ten soil-active herbicides on weed population, residue accumulation and nitrification. **Weed Res. 14:97-109.**

38. Horowitz, M., N. Hulin, and T. Blumenfeld. 1974. Behavior and persistence of trifluralin in soil. **Weed Res. 14:213-220.**
39. Jacques, G.L. and R.G. Harvey. 1979. Persistence of dinitroaniline herbicides in soil. **Weed Sci. 27: 660-665.**
40. Jensen, K.I.N. and E.R. Kimball. 1980. Persistence of dinitramine and trifluralin in Nova Scotia, Canada. **Bull. Environ. Contam. Toxicol. 24:238-243.**
41. Johnson, D.H., J.D. Beaty, D.K. Horton, R.E. Talbert, C.B. Guy, J.D. Mattice, T.L. Lavy and R.J. Smith, JR. 1995. Effects of rotational crop herbicides on rice (*Oryza sativa*). **Weed Sci. 43:648-654.**
42. Jury, W.A., D.D. Focht, and W. J. Farmer. 1987. Evaluation of pesticide groundwater pollution potential from standard indices of soil-chemical absorption and biodegradation. **J. Environ. Qual. 16:422-428.**
43. Kearney, P.C., J.R. Plimmer, W.B. Wheeler, and A. Konstson. 1976. Persistence and metabolism of dinitroanilines in soil. **Pestic. Biochem. Physiol. 6:229-238.**
44. Keeling, J., P.A. Dotray and J.R. Abernathy. 1996. Effects of repeated applications of trifluralin and pendimethalin on Cotton (*Gossypium hirsutum*). **Weed Technol. 10: 295-298.**
45. Kleifeld, Y., B. Rubin, T. Blumenfeld, G. Herzlinger, H. Buxbaum and S. Golan. 1994. Soil – incorporated trifluralin protects cotton (*Gossypium hirsutum*) from root – absorbed herbicides. **Weed Research 34: 461-469.**
46. Koren, E. 1972. Leaching of trifluralin and oryzalin in soil with three surfactants. **Weed Sci. 20:230-232.**
47. LaFluer, K.S., W.R. McCaskill & G.T. Gale. 1978. Trifluralin persistence on Congaree soil. **Soil Science. 126:285-289.**
48. LaFluer, K.S. 1979. Sorption of pesticides by mondel soils and agronomic soils: rates and equilibria. **Soil Sci. 127:94-101.**
49. Λόλας, Π. 1999. **Ζιζανιολογία Ζιζάνια – Ζιζανιοκτόνα. Σημειώσεις.** σελ. 87-88. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
50. Menges, R.M. and J.L. Hubbard. 1970. Selectivity, movement, and persistence of soil- incorporated herbicides in carrot planting. **Weed Sci. 18:247-252.**

51. Menges, R.M. and S. Tamez. 1974. Movement and persistence of bensulide and trifluralin in irrigated soil. **Weed Sci. 22:67-71.**
52. Messersmith, C.G., O.C. Burnside, and T.L. Lavy. 1971. Biological and non-biological dissipation of trifluralin from soil. **Weed Sci. 19:285-290.**
53. Miller, J.H., P.E. Keeley, C.H. Carter, and R.J. Thullen. 1975. Soil persistence of bensulide and trifluralin in irrigated soil. **Weed Sci. 23:211-214.**
54. Miller, J.H., P.E. Keeley, R.J. Thullen and C.H. Carter. 1978. Persistence and movement of ten herbicides in soil. **Weed Sci. 26: 20-27.**
55. Morrison, I.N., K.M. Nawolsky, G.M. Marshall and A.E. Smith. 1989. Recovery of spring wheat (*Triticum aestivum*) injured by trifluralin. **Weed sci. 37: 784-789.**
56. Nawolsky, K.M., I.N. Morrison, G.M. Marshall and A.E. Smith. 1992. Growth and yield of flax (*Linum usitatissimum*) injured by trifluralin. **Weed Sci. 40: 460-464.**
57. Nofzinger, D.L. and A.G. Hornsby. 1985. Chemical movement in soil: **IMB PC User's Guide**. Fla. Coop. Ext. Serv. Circ. 654.
58. Oliver, L.R. and R.E. Frans. 1968. Inhibition of cotton and soybean roots from incorporated trifluralin and persistence in soil. **Weed Sci. 16:199-203.**
59. O'Sullivan, P.A., G.M. Weiss, and D. Friesen. 1985. Tolerance of spring barley to trifluralin deep – incorporated in the fall or spring. **Can. J. Plant Sci. 65:169-177.**
60. O'Sullivan, P.A., G.M. Weiss, and D. Friesen. 1985. Tolerance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to trifluralin deep incorporated in the autumn or spring. **Weed Res. 25: 275-280.**
61. Parka, S.J. and J.B. Tepe. 1969. The disappearance of trifluralin from field soils. **Weed Sci. 17:119-122.**
62. Parr, J.F. and S. Smith. 1973. Degradation of trifluralin under laboratory conditions and soil anaerobiosis. **Soil Sci. 115:55-63**
63. Παπαδοπούλου – Μουρκίδου, Ε. 1998. Ρύπανση υπογείων και επιφανειακών νερών από φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Εξελίξεις στην Ελλάδα και Ευρώπη. **Πρακτικά 2ης Πανελλήνιας συνάντησης φυτοπροστασίας**. Λάρισα. σελ.153-168.

64. Petch, G.M. and W.R. Carlisle. 1984. The effects of residual trifluralin in soils on the growth of sugar beet. Unpublished report. Dep.Life Sciences, Trent Polytechnic, Nottingham. 55pp.
65. Peter, C.J. and J.B. Weber. 1985. Absorption and efficacy of trifluralin and butralin as influenced by soil properties. ***Weed Sci.* 33:861-867.**
66. Pritchard, M.K. and E.H. Stobbe. 1980. Persistence and phytotoxicity of dinitroaniline herbicides in Manitoba soils. ***Can. J. Plant Sci.* 60:5-11.**
67. Probst, G.W., T. Golab, R. J. Herberg, F.J. Holzer, S.J. Parka, C. Van der Schans, and J.B. Tepe. 1967. Fate of trifluralin in soils and plants. ***J.Agric. Food Chem.* 15:592-599.**
68. Reyes, C.C. and R.L. Zimdahl. 1989. Mathematical description of trifluralin degradation in soil. ***Weed Sci.* 37: 604-608.**
69. Rohde, W.A., L.E. Asmussen, E.W. Hauset, R.D. Wauchope, and H.D. Allison. 1980. Trifluralin movement in runoff from a small agricultural watershed. ***J. Environ. Qual.* 9:37-42.**
70. Savage, K.E. and W.L. Barrentine. 1969. Trifluralin persistence as affected by depth of soil incorporation. ***Weed Sci.* 17:349-352.**
71. Savage, K.E. 1973. Nitratin and trifluralin persistence in soil. ***Weed Sci.* 21:285-288.**
72. Savage, K.E. 1978. Persistence of several dinitroaniline herbicides as affected by soil moisture. ***Weed Sci.* 26:465-471.**
73. Schweizer, E.E. and J.T. Holstun, Jr. 1966. Persistence of five cotton herbicides in four southern soils. ***Weed Sci.* 14:22-26.**
74. Smith, C.N., R.A. Leonard, G.W. Langdale, and G.W. Bailey. 1978. Transport of agricultural chemicals from small upland Piemont watersheds. U.S. Environ. Prot. Agency, Athens, GA and U.S. Dep. Agric., Watkinsville, GA. Final Report on Interagency Agreement NoD-6-o381. Publ. No. EPA 600/3-78-056.
75. Smith, A.E. 1982. Herbicides and the soil environment in Canada. ***Can. J. Soil Sci.* 62:433-460.**
76. Smith, A.E. and A.J. Aubin. 1994. Carry – over of granular and emulsifiable concentrate formulations of trifluralin in Saskatchewan. ***Can. J. Soil Sci.* 439-442.**

77. Solbakken, E., H. Hole, O. Lode and T.A. Pedersen. 1982. Trifluralin persistence under two different soil and climatic conditions. **Weed Research. 22:319-328.**
78. Spencer, W.F. and M.M. Cliath. 1974. Factors affecting vapor loss of trifluralin from soil. **J. Agric. Food Chem. 22:987-991.**
79. Standifer, L.C. & C.H. Thomas. 1966. Response of Johnsongrass to soil – incorporated trifluralin. **Weeds 14:302-306.**
80. Swann, C.W. and R. Behrens. 1972. Trifluralin vapor emission from soil. **Weed Sci. 20:147-149.**
81. Thompson, W.T. 1989. **Agricultural Chemicals Book II.** Herbicides, 1989-1990 Revision, Fresno, C.A., USA: Thompson Publications, 330pp.
82. Vaughn, K.C. and L.P. Lehnen, JR. 1991. Mitotic disrupter herbicides. **Weed Sci. 39: 450-457.**
83. Walker, A. 1978. Simulation of the persistence of eight soil- applied herbicides. **Weed Res. 17:145-152.**
84. Walker, A., H.A. Roberts, P.A. Brown, and W. Bond. 1983. Influence of the soil conditioner cellulose xanthate on the activity and persistence of nine acetanilide herbicides. **Ann. Appl. Biol. 102:155-160.**
85. Walker, A., and D.J. Eagle. 1983. Prediction of herbicide residues in soil for advisory purposes. **Asp. Appl. Biol. 4:503-509.**
86. Walker, A., 1987. Herbicide persistence in soil. **Rev. Weed Sci. 1987. 3: 1-17.**
87. Wauchope, R.D. 1978. The pesticide content of surface water draining from agricultural fields – a review. **J. Environ. Qual. 7:459-472.**
88. Weber, J.B., and S.W. Lowder. 1985. Soil factors affecting herbicide behavior in reduced tillage systems. p. 227-241. In. A.F. Wiese (ed). Weed control in limited – tilage systems. **Weed Sci. Soc. Am., Champaign, IL.**
89. Weber, J.B., 1990. Behavior of dinitroaniline herbicides in soils. **Weed Technology 4:394-406.**
90. Weed Science Society of America. 1994. **Herbicide Handbook.** Seventh Edition.
91. Wiese, A.F., E.W. Chenault, and E.B. Hudspeth, Jr. 1969. Incorporation of preplant herbicides for cotton. **Weed Sci. 17:481-483.**

92. Wilson. C., T. Whitwell and M.B. Riley. 1996. Ditection and dissipation of isoxaben and trifluralin in containerized plant nursery runoff water. **Weed Sci. 44: 683-688.**
93. Zimdahl, R.L. and S.M. Gwynn. 1977. Soil degradation of three dinitroanilines. **Weed Sci. 25: 247-251.**
94. Zimdahl, R.L., 1993. **Fundamentals of Weed Science.** Colorado State University, Fort Collins, Academic Press, Inc. pp 295-310.

